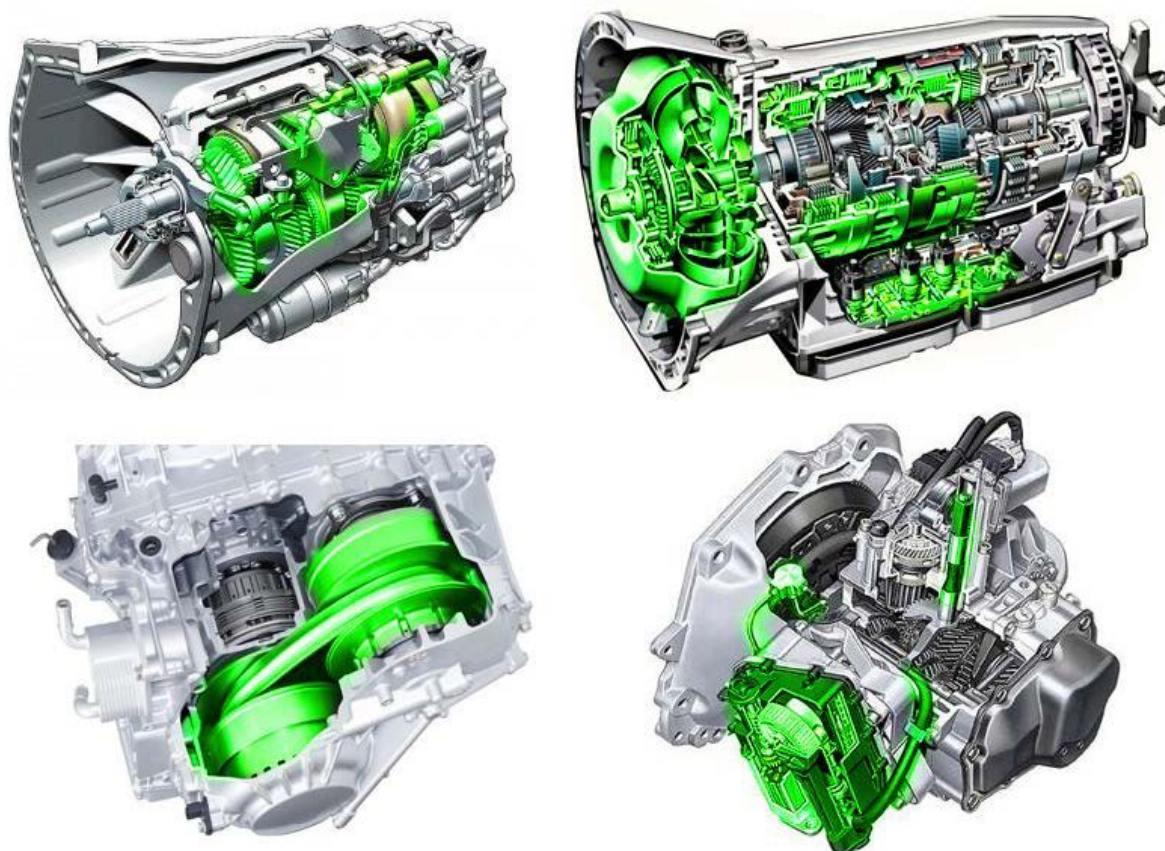




Д.В. Демидов

# **ИСТОРИЯ И РАЗВИТИЕ МИРОВОЙ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ: РАЗВИТИЕ КОРОБОК ПЕРЕМЕНЫ ПЕРЕДАЧ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**



Екатеринбург  
2018

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра автомобильного транспорта

Д.В. Демидов

# **ИСТОРИЯ И РАЗВИТИЕ МИРОВОЙ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ: РАЗВИТИЕ КОРОБОК ПЕРЕМЕНЫ ПЕРЕДАЧ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

Учебно-методическое пособие

для проведения занятий семинарского типа, организации самостоятельной работы обучающихся всех форм обучения по направлениям подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (дисциплина «История и развитие мировой автомобилизации»), 23.04.01 «Технология транспортных процессов», 23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (дисциплина «История и развитие фундаментальной и транспортной науки»)

Екатеринбург  
2018

Печатаются по рекомендации методической комиссии ИАТТС.  
Протокол № 3 от 11 января 2018 г.

Рецензент – Б.А. Сидоров, канд. техн. наук, доцент кафедры автомобильного транспорта.

Редактор Н.В. Рощина  
Оператор компьютерной верстки Е.А. Газеева

Подписано в печать 09.11.18		Поз. 9
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 2,56	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

«... для других, даже для большинства людей, **наказанием является необходимость мыслить**. Идеальной представляется им работа, не предъявляющая никаких требований к творческому инстинкту»  
(Генри Форд. «История моего успеха» [37, с. 99])

## ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для проведения занятий семинарского типа, организации самостоятельной работы обучающихся всех форм обучения по направлениям подготовки:

– 23.03.01 «Технология транспортных процессов» и 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (дисциплина «История и развитие мировой автомобилизации»);

– 23.04.01 «Технология транспортных процессов» и 23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (дисциплина «История и развитие фундаментальной и транспортной науки»).

Учебно-методическое пособие составлено на основе:

– Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по направлениям подготовки 23.03.01, 23.03.03, 23.04.01, 23.04.03 и рабочих программ дисциплин «История и развитие мировой автомобилизации» и «История и развитие фундаментальной и транспортной науки»;

– стандартов УГЛТУ СТБ 1.3.0.0-00-18 «Учебное издание. Основные положения» и СТБ 1.3.1.0-00-2018 «Учебные издания. Учебно-методическое пособие. Основные положения».

Необходимость издания данного учебно-методического пособия вызвана отсутствием систематически подобранного издания по дисциплинам и требованием организации самостоятельной работы обучающихся.

Автомобильная промышленность – ведущая отрасль машиностроения, оказывающая значительное влияние на технические, экономические и социальные аспекты развития общества. Масштабы автомобилестроения расширяются, поэтому появляются новые модели автомобилей.

Однако производители автомобилей предлагают модели с различными конструкциями коробок перемены передач (далее – КПП), позволяя потенциальному покупателю самому определиться с выбором типа КПП, поэтому возникает неопределенность в области применения различных коробок перемены передач в легковых автомобилях. Каждый из типов коробок перемены передач имеет как преимущества, так и недостатки, поэтому целесообразно выделить перспективы совершенствования конструкции.

В учебно-методическом пособии в теоретической части проведён исторический обзор развития конструкции коробок передач легковых автомобилей, основной задачей которого является проведение исследования

причин изменения конструкции коробок перемены передач для определения области их обоснованного применения в конструкции легковых автомобилей. Исследование проведено на основе системного подхода (технические, экономические и социальные аспекты).

Рассмотрены преимущества и недостатки механической, автоматической, бесступенчатой и автоматизированной коробок перемены передач, приведены и проанализированы их принципиальные схемы.

Показано, что наиболее перспективной конструкцией коробки перемены передач является роботизированная коробка передач с двумя сцеплениями, позволяющая обеспечить: отсутствие разрыва потока мощности; плавность переключений и плавность хода; комфорт управления; высокую топливную экономичность; высокие тягово-динамические характеристики.

Кроме того, рассмотрено явление разрыва потока мощности в трансмиссии легковых автомобилей, наблюдающееся при переключении передачи движущегося на подъем легкового автомобиля, а также условия, при которых будет иметь место откат автомобиля.

Анализ принципа действия коробок перемены передач различного типа позволяет сделать вывод, что откат автомобиля при разрыве потока мощности в трансмиссии не будет наблюдаться для преселективной коробки перемены передач в отличие от механической и роботизированной.

Также в пособии приведены рекомендации по организации занятий семинарского типа и самостоятельной работы обучающихся.

В учебно-методическом пособии использованы результаты выпускной квалификационной работы В.В. Кучкарова по теме «Совершенствование кинематических и конструктивных параметров коробок передач легковых автомобилей» под руководством автора, защищенной в 2017 г. [18–20].

Перечень принятых сокращений приведен в прил. 1.

Перечень основных терминов и определений приведен в прил. 2.

## **1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **1.1. Исторический обзор развития конструкции коробок перемены передач легковых автомобилей**

Трансмиссия автомобиля – совокупность узлов и механизмов, осуществляющих связь двигателя с движителем. Зачастую тип трансмиссии определяется коробкой перемены передач, которая необходима для поддержания оптимального тягового усилия на ведущих колёсах с изменением крутящего момента в широком диапазоне скоростей с изменения передаточного числа (рис. 1, 2)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>URL:<http://texdiplom.ru/component/joomgallery/image.raw?view=image&type=img&id=79>



Рис. 1. Принцип работы зубчатых передач (передаточное число):  
 $\omega_i$  – частота вращения зубчатых колес (об./мин.);  $r_i$  – делительный радиус зубчатых колес (м);  $P$  – сила, действующая при вращении зубчатых колес (Н);  $M_i$  – момент, действующий при вращении зубчатых колес (Н м)

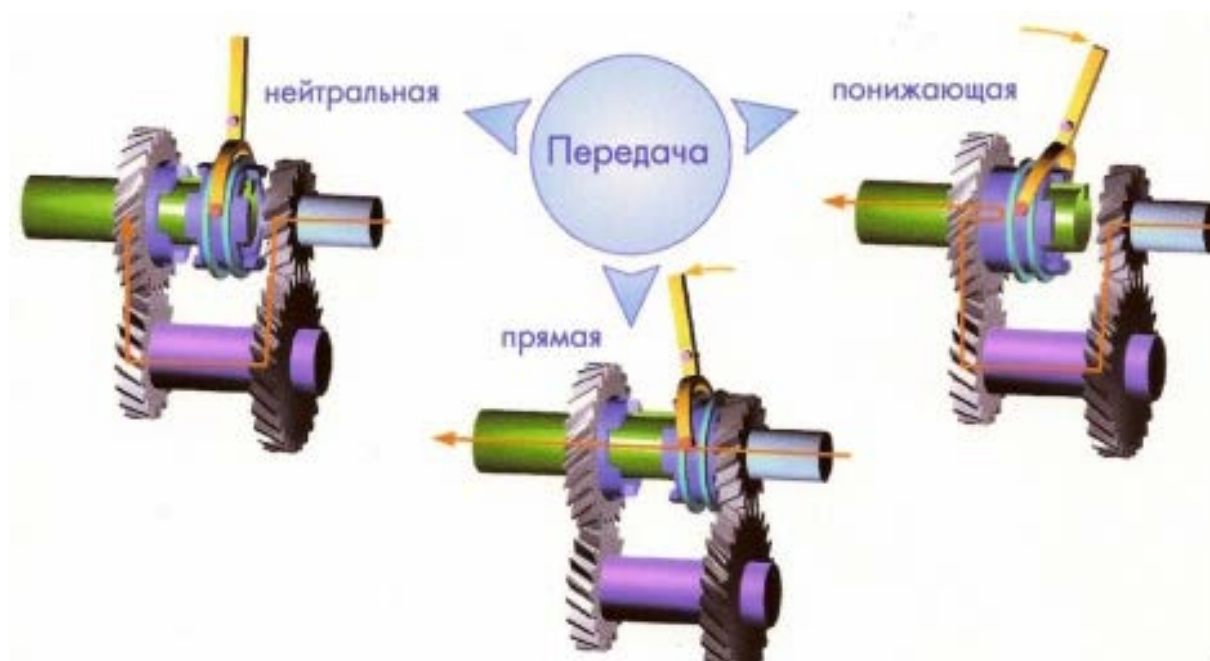


Рис. 2. Принцип работы двухступенчатой коробки передач



Существует несколько классификаций КПП: по числу ступеней, валов, степени свободы, потоков, по которым передаётся мощность; по расположению входного и выходного валов и т.д.

В настоящее время выделяют четыре основных типа КПП, используемых на серийных легковых автомобилях: механическую, автоматическую, бесступенчатую и роботизированную. Каждый тип КПП имеет характерные особенности, условно изображенные на рис. 3.

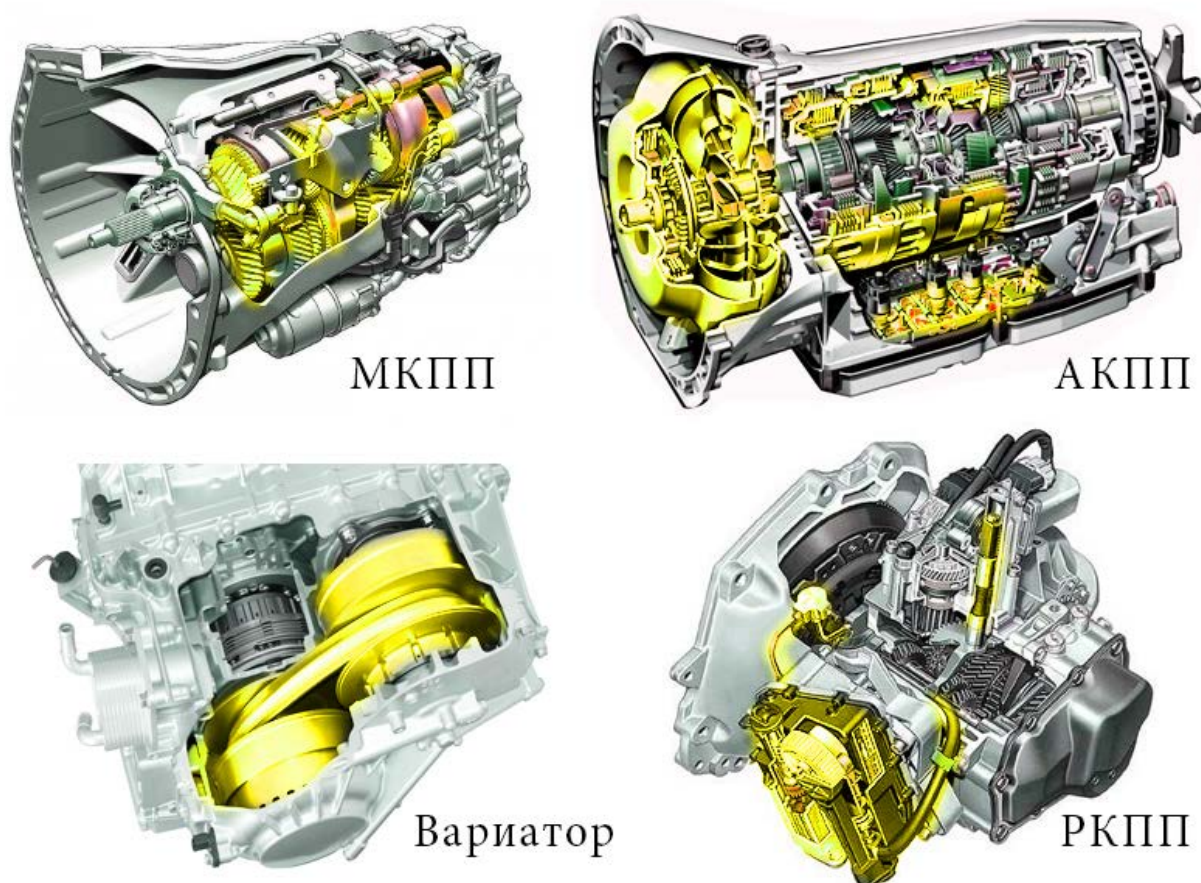


Рис. 3. Типы коробок перемены передач

(Отличительные элементы конструкции выделены желтым цветом: для МКПП – валы и шестерни; для АКПП – гидротрансформатор, блоки фрикционов и управления; для вариатора – конусные шкивы и ремень; для РКПП – блок управления и актуаторы сцепления и передач)

**Механическая трансмиссия с механической коробкой перемены передач** (далее – МКПП) – первый тип трансмиссии, появившийся на автомобиле. На паровой повозке *Кюньо* в 1769 г. и была применена первая механическая трансмиссия. На автомобилях же сначала использовались ременные передачи (по аналогии со станками того времени), которые затем заменили зубчатыми передачами.

Принято считать, что первый прототип МКПП был применен в 1894 г. во Франции Луи-Рене Панаром и Эмилем Левассором на автомобиле «Панар-Левассор». КПП была приближена к современным МКПП, поскольку изменение передаточного числа обеспечивалось за счёт нескольких пар шестерен различных диаметров.

В легковых автомобилях применяются МКПП двух видов: двухвальные и трёхвальные.

Трёхвальные МКПП появились впервые на автомобиле Луи Рено, который в 1899 г. запатентовал конструкцию «*Mécanisme de transmission et de changement de vitesse pour voitures automobiles*» – механизм передачи и изменения скорости для самоходных экипажей (рис. 4).

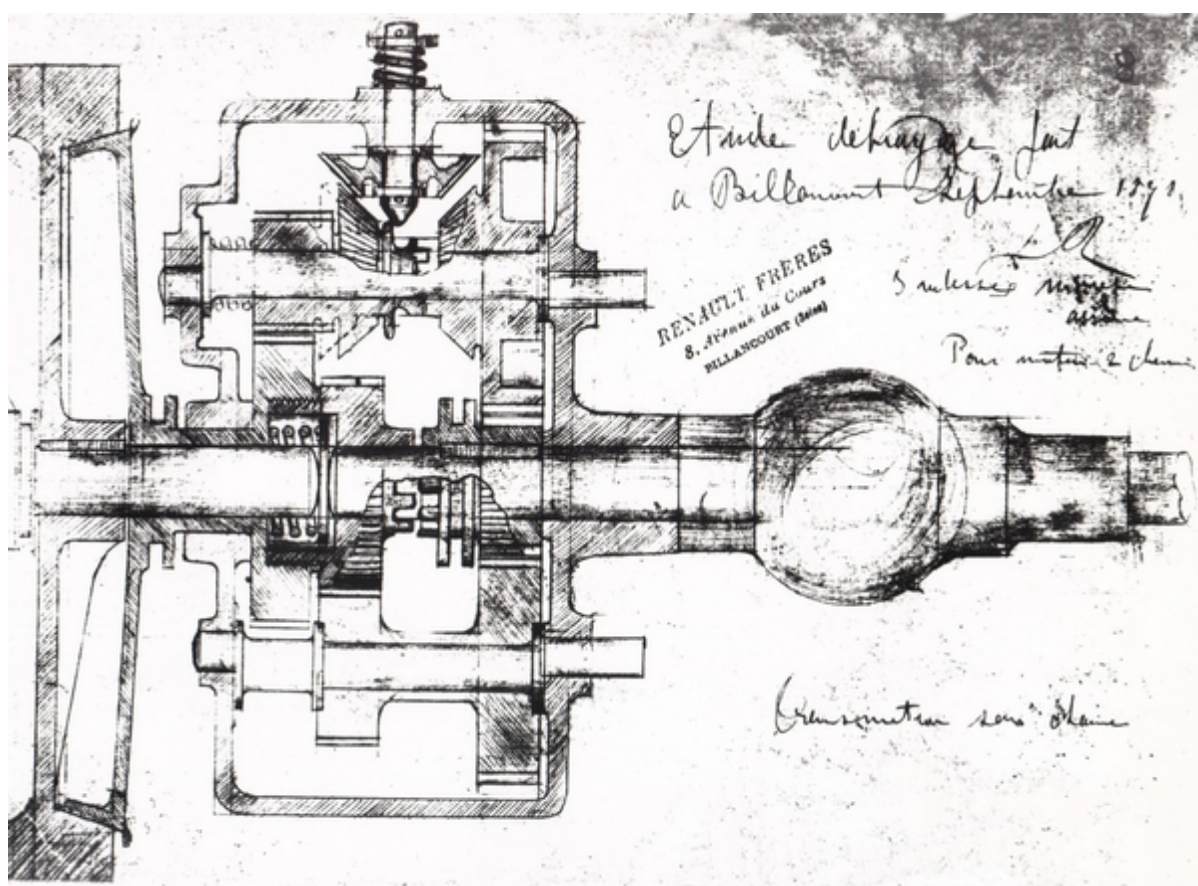


Рис. 4. Фрагмент конструкции механической коробки перемены передач Луи Рено [44]

Трёхвальные МКПП используются на заднеприводных автомобилях с продольным расположением двигателя (рис. 5). Каждое передаточное отношение обеспечивается двумя парами шестерён за исключением прямой передачи. Применение прямой передачи позволило обеспечить наибольшее значение коэффициента полезного действия (далее – КПД) для передач коробки.



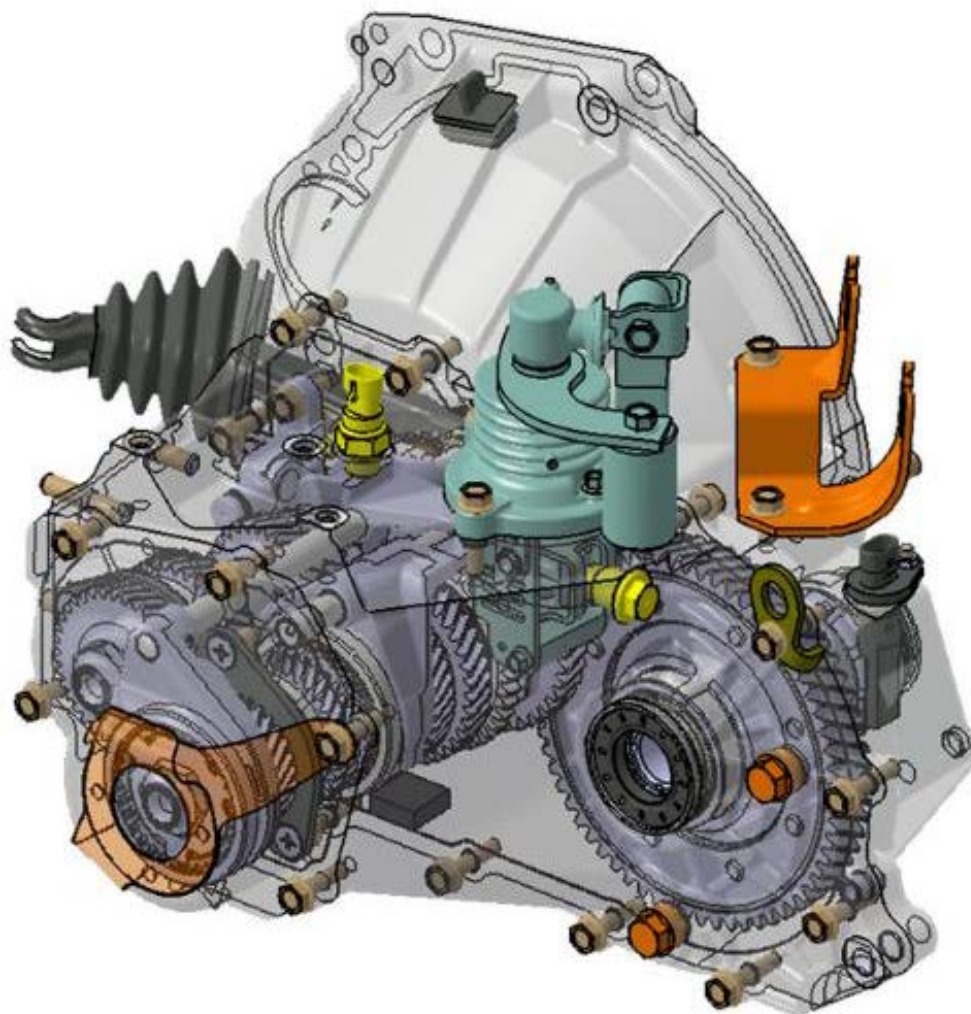


Рис. 5. Рентген-схема трехвальной коробки перемены передач

*Двухвальные* МКПП получили широкое распространение в 1970-х гг., хотя первые прототипы появились еще в 1910-х гг. Такие КПП используются в переднеприводных автомобилях с передним поперечным расположением двигателя, а также заднеприводных с задним расположением двигателя. Поперечное расположение коробки передач позволило применять главную передачу с цилиндрическими шестернями (а не с гипоидными или коническими при продольном расположении двигателя), а также размещать главную передачу и коробку передач в одном корпусе.

Среди преимуществ двухвальной КПП над трёхвальной стоит отметить больший КПД на всех передачах, кроме высшей, так как в зацеплении участвует одна пара шестерён, а не две.

Вплоть до 1920-х гг. на автомобилях применялись коробки передач без синхронизаторов, что требовало от водителей определённых навыков управления педалью акселератора для выравнивания скоростей валов, иначе зубья шестерен не попадали в зацепление. Другой проблемой был скрежет шестерен.

С появлением синхронизатора, иначе фрикционной муфты, обеспечивающей выравнивание скоростей вращения шестерен, процесс переключения передач облегчился. Современные МКПП имеют синхронизаторы на всех передачах переднего хода (рис. 6).

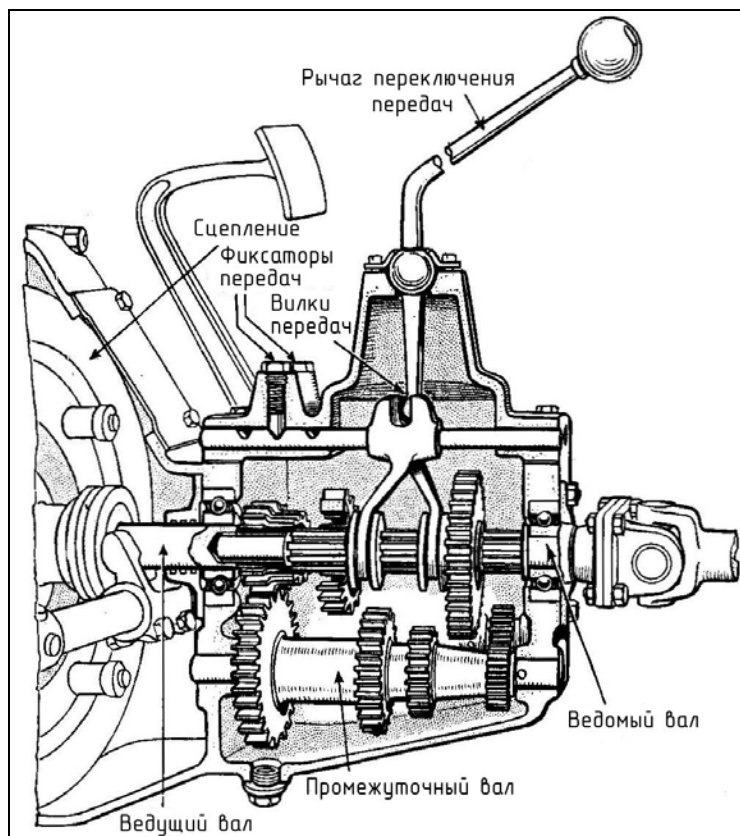


Рис. 6. Применение синхронизаторов в механической коробке перемены передач [45]

Укажем основные достоинства МКПП: простота конструкции, невысокая стоимость, малая масса, особенно в двухвальных МКПП, высокий КПД, высокая надёжность, возможность буксировки автомобиля.

МКПП имеет следующие недостатки: необходимость правильного выбора оптимальной передачи для поддержания тягового усилия на нужном уровне, разрыв мощности в момент переключения передач, утомляемость водителя при переключении передач.

Из-за недостатков, присущих МКПП, возникла необходимость появления таких коробок передач, которые были бы лишены таких недостатков (отвлечение водителя на переключение передач, разрыв мощности и пр.).

Создание гидромуфт привело к появлению **автоматических коробок перемены передач** (далее – АКПП) – гидромеханической передачи, или, иначе говоря, коробки передачи с гидротрансформатором, изобретенным немецким профессором *Фетингером* в 1905 г.

Гидромеханическая передача состоит из следующих узлов: гидротрансформатор (аналог сцеплению в автомобиле с МКПП); механическая коробка передач – набор фрикционных муфт (фрикционов) и шестерён с планетарным рядом; система управления (рис. 7).

При движении в населенных пунктах имеет место увеличение потребности в переключении передач, вызывая утомляемость водителя, поэтому АКПП стали оснащать городские автобусы.

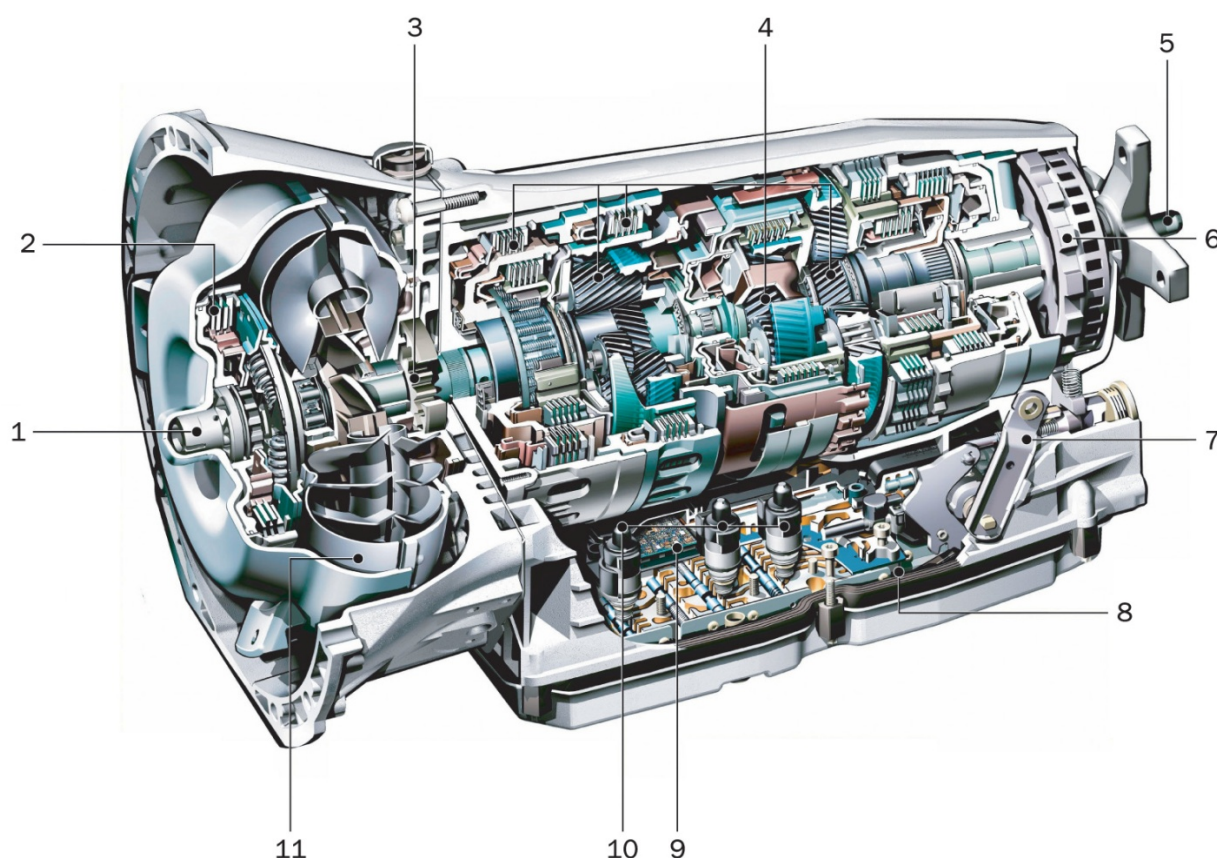


Рис. 7. Устройство автоматической коробки передач «7G-Tronic» [43]:  
 1 – ведущий вал; 2 – фрикцион блокировки гидротрансформатора с гасителем крутильных колебаний; 3 – масляный насос с контролем давления;  
 4 – фрикционы и планетарные передачи; 5 – выходной вал; 6 – стояночный тормоз; 7 – селектор; 8 – электронный блок управления; клапаны и датчики, встроенные в поддон; 9 – электронный блок переключения передач;  
 10 – высокоскоростные соленоиды; 11 – гидротрансформатор

Впервые на легковых автомобилях АКПП появилась в США на автомобилях марки «Кадиллак» в 1930-х гг. В Европе массовое распространение АКПП началось лишь в 1970-х гг.

Гидротрансформатор состоит из тороидальной камеры, включающей три колеса с лопастями: насосное, жёстко соединённое с коленвалом двигателя, турбинное, соединённое с коробкой передач, а также реактор.

Крутящий момент передаётся жидкостью, которой наполнен гидротрансформатор. Такая конструкция (наличие реактора) позволяет увеличивать крутящий момент, передаваемый от двигателя к трансмиссии за счёт изменения направления потока жидкости. Также наличие гидротрансформатора в АКПП позволяет уменьшить колебания и увеличить плавность хода автомобиля.

Гидромеханическая передача имеет следующие преимущества: автоматизация переключения передач, отсутствие разрыва мощности. Среди недостатков отметим потерю мощности и повышение расхода топлива автомобиля, сложность конструкции, высокую стоимость агрегата.

Из-за сложности конструкции и повышенного расхода топлива и приближения к АКПП на автомобилях появился новый тип коробки передач – **вариатор, т.е. бесступенчатая трансмиссия**, обозначаемая как *CVT* – *Continuous Variable Transmission* (постоянно изменяемая трансмиссия).

Стоит отметить, что в вариаторе как таковых передач вообще нет, так как вариаторы позволяют получить любое передаточное число в определённом диапазоне.

История применения вариаторов в легковых автомобилях насчитывает более 120 лет с момента получения патента на первый вариатор в 1897 г., хотя впервые на серийном автомобиле вариатор был внедрён в 1950 г. на автомобиле «DAF». Далее вариаторами стали оснащаться, как правило, малолитражные модели легковых автомобилей.

В трансмиссии, оснащённой вариатором, изменение передаточного числа обеспечивается не зубчатыми шестернями, а двумя коническими шкивами и ремнём между ними (рис. 8, а, б). Когда расстояние между двумя половинками шкивов изменяется, изменяется и рабочий диаметр шкива – так изменяется передаточное отношение. Сначала в конструкции вариатора использовался резиновый ремень, затем для повышения надёжности стали использовать стальную цепь (рис. 8, в).

Трансмиссии с вариаторами не имеют нейтральной передачи, поэтому возникает необходимость в размыкании двигателя автомобиля с коробкой передач, поэтому в трансмиссиях с вариаторами используются различные виды сцепления.

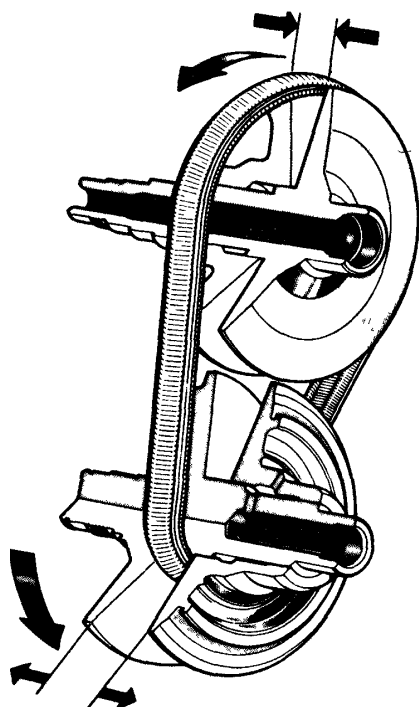
Достоинствами автомобилей, оснащённых вариаторами, являются: высокая топливная экономичность по сравнению с гидромеханической трансмиссией, плавность работы. Недостатки: психологический фактор<sup>2</sup>, высокие стоимости узла, ремонта в случае неисправности.

---

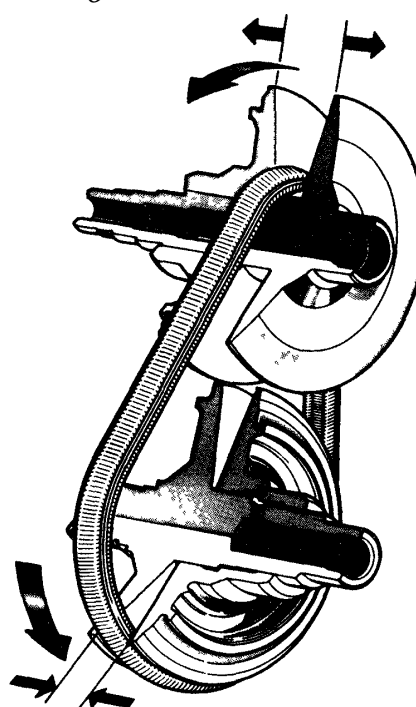
<sup>2</sup> Вариатор поддерживает двигатель на оборотах, обеспечивающих максимальный крутящий момент. Недостаток был присущ автомобилям, выпущенным до 2000 г.



*a*



*б*



*в*

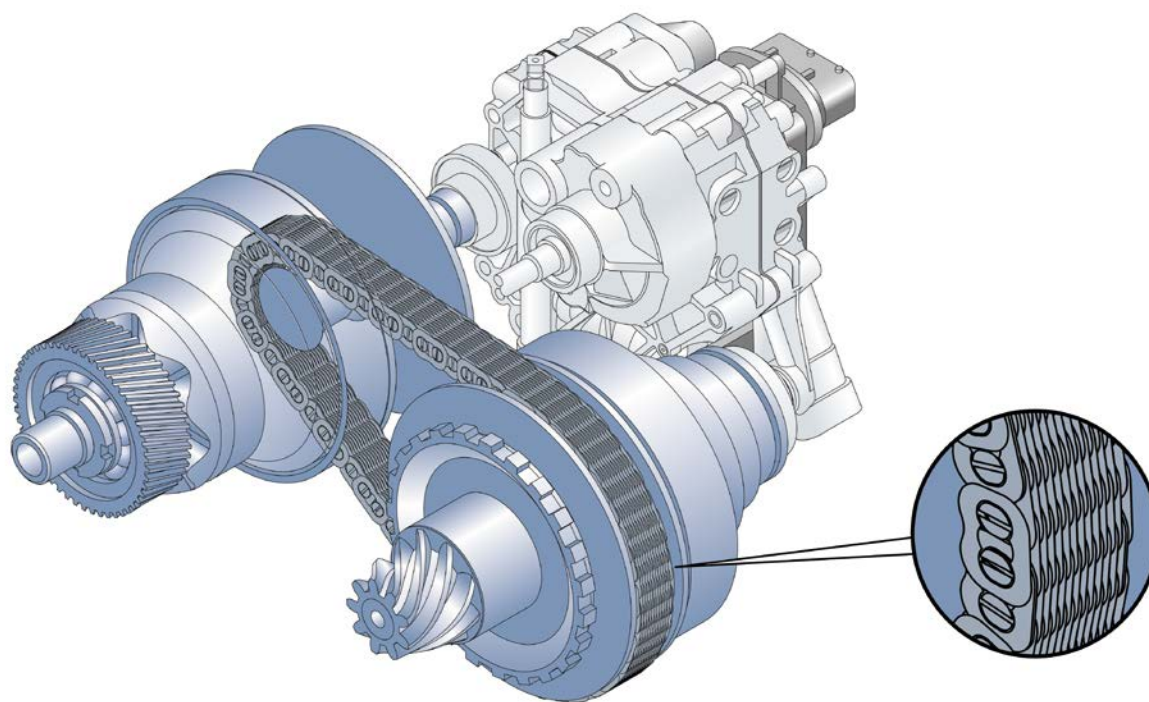


Рис. 8. Примеры применения вариатора в коробках перемены передач: *a, б* – принцип работы клиноременного вариатора «*Transmatic*» [3] (верхний вал – первичный, нижний – вторичный; положение на рисунке слева показывает обеспечение максимального передаточного отношения, положение на рисунке справа – обеспечение минимального передаточного отношения); *в* – применение цепи в вариаторе – «*Audi Multitronic*» [4]

Для обеспечения соответствия экологическим нормам и уменьшения среднего расхода топлива возникли новые требования: необходима такая коробка передач, которая обеспечит тот же расход топлива, что и автомобиль с механической коробкой передач, но при этом управление выбором передач будет автоматическим.

Так появились **автоматизированные механические трансмиссии** (далее – АМТ). Это механические КПП, оборудованные сцеплением, управление осуществляется электроникой с помощью сервоприводов (актуаторов), поэтому АМТ состоит из сцепления, коробки передач, актуаторов сцепления, актуаторов передач и блока управления (рис. 9).

Данное направление развитие трансмиссии стало возможным лишь с развитием электроники. Автоматизированная механическая трансмиссия позволяет достичь той же топливной экономичности, что присуща автомобилям, оснащённым механической передачей, но при этом исключается усталость водителя, связанная с необходимостью переключения передач.

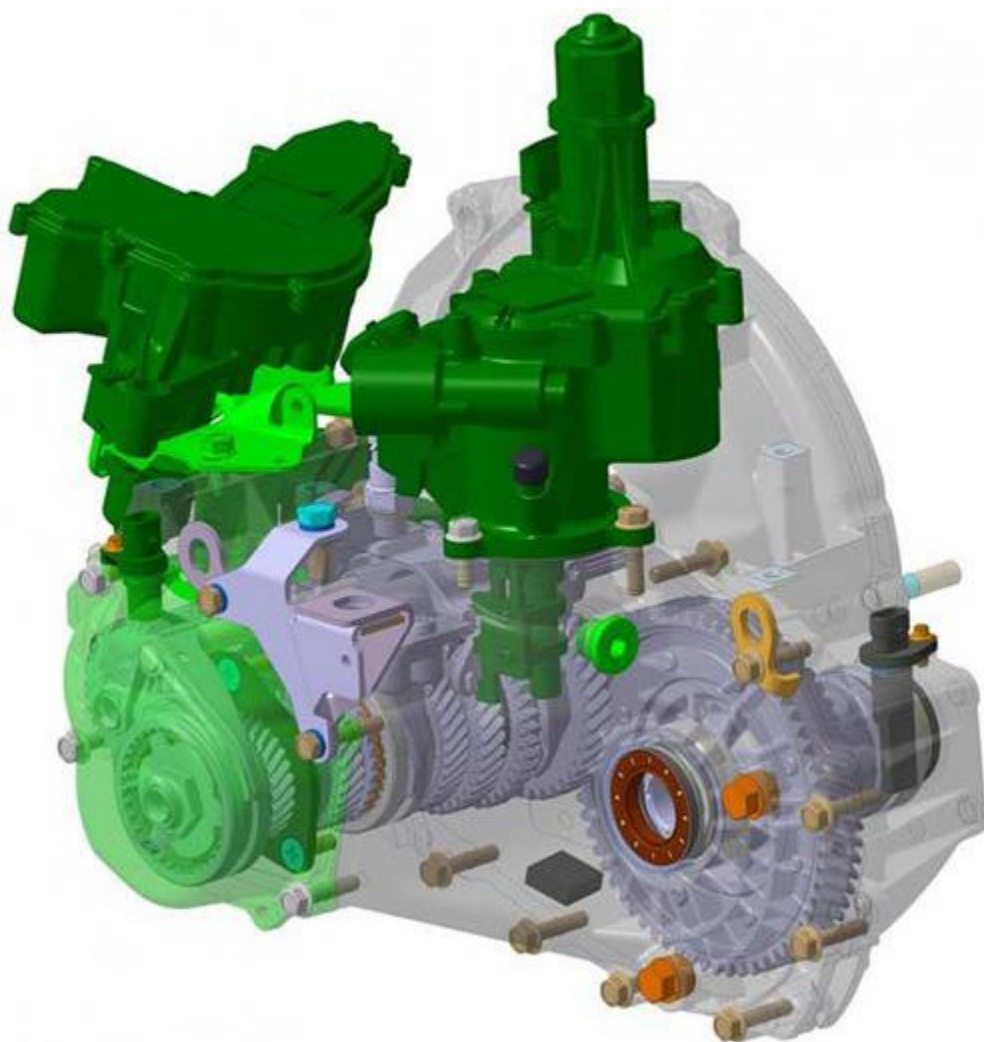


Рис. 9. Рентген-схема автоматизированной механической трансмиссии

Коробки передач автоматизированной механической трансмиссии в настоящее время бывают двух видов: с одним сцеплением (роботизированная КПП) и с двумя сцеплениями (преселективная).

**Роботизированная коробка перемены передач** (далее – РКПП) представляет собой совокупность механической коробки передач и классической гидромеханической передачи. Хотя с гидромеханической передачей ее роднит лишь количество педалей, в остальном же РКПП – это МКПП, в которой переключение передач и разъединение двигателя и коробки осуществляется электроникой.

Кинематика роботизированной коробки почти полностью повторяет кинематику механической коробки, на базе которой она была спроектирована. Автоматизированное управление выбором передач позволяет уменьшить человеческий фактор в управлении автомобилем при сохранении тягово-динамических характеристик.

Среди достоинств роботизированных коробок можно отметить низкую стоимость узла по сравнению с АКПП или вариатором (стоимость РКПП на 10...20 % выше стоимости аналогичной МКПП). Но, несмотря на достоинства, автомобили, оснащённые роботизированными коробками с одним сцеплением, имеют один недостаток – длительное время переключения (примерно 1,5 с), что отрицательно сказывается на времени разгона.

В связи с этим при интенсивном разгоне водитель и пассажиры ощущают длительный разрыв мощности, что вызывает дискомфорт. Для устранения этого недостатка и сокращения времени переключения была предложена конструкция роботизированных коробок передач, исключаящих разрыв потока мощности. Такая конструкция получила название **автоматизированных коробок передач с двойным сцеплением**.

Автоматизированные коробки передач с двойным сцеплением иначе называют **преселективными** коробками передач. Характеризируются данные коробки передач тем, что переключение передач при разгоне происходит без разрыва потока мощности.

В 1930-х годах *Адольф Кегресс* предлагал поставить преселективную коробку на переднеприводный «Citroen Traction Avant» (рис. 10, 11).

Об уникальной трансмиссии вспомнили много позже, в 1983 г., когда инженеры *Porsche* установили преселективную коробку передач *PDK*<sup>3</sup> на *Porsche 956*, гоночный автомобиль.

На серийных легковых автомобилях преселективные коробки применили в 2003 г. («*Audi TT 3.2 Quattro*» и «*Volkswagen Golf V*») [41].

Первым же серийным *Porsche* с *PDK* стал *Porsche 911*-й серии 997 (2008 г.).

---

<sup>3</sup> *Porsche-Doppel-Kupplungs-Getriebe* – коробка передач со сдвоенным сцеплением фирмы *Porsche*

Oct. 9, 1945.

A. KÉGRESSE

2,386,217

AUTOMATIC VARIABLE SPEED TRANSMISSION

Filed July 10, 1940

6 Sheets-Sheet 1

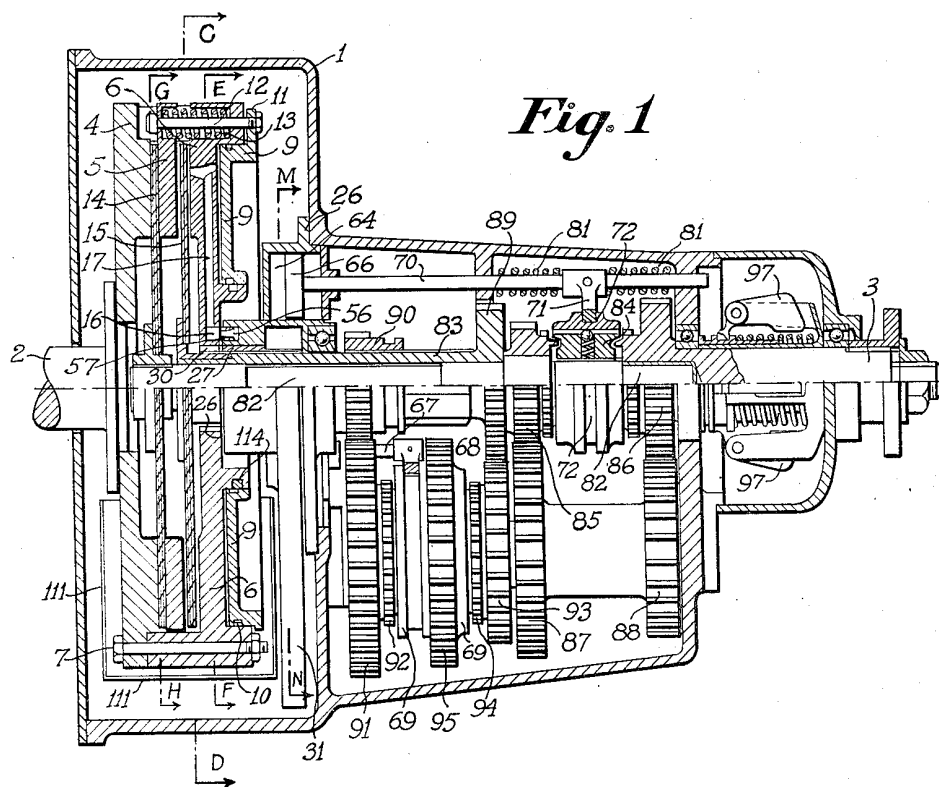


Fig. 1

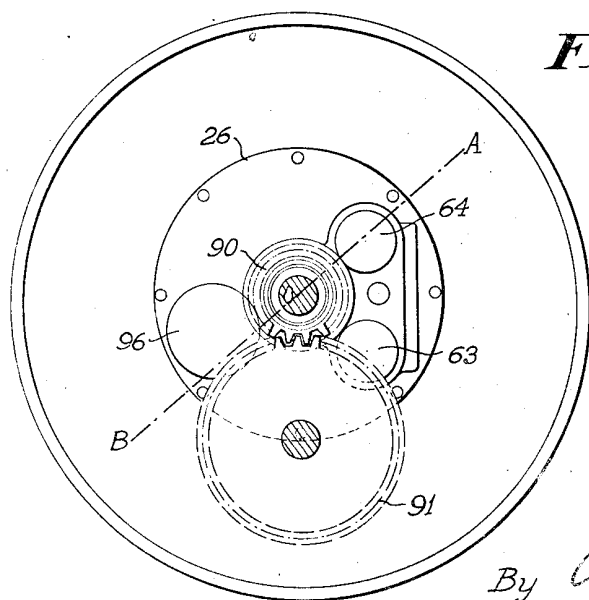


Fig. 2

Inventor  
ADOLPHE KÉGRESSE

By *Amtholcomb*  
Attorney.

Рис. 10. Конструкция преселективной коробки перемены передач  
(фрагмент № 1 патента, конструктор – Адольф Кегресс)<sup>4</sup>

<sup>4</sup> URL: <https://store.donanimhaber.com/f6/34/6e/f6346e01562e247be535492134fb8c50.png>



Oct. 9, 1945.

A. KÉGRESSE

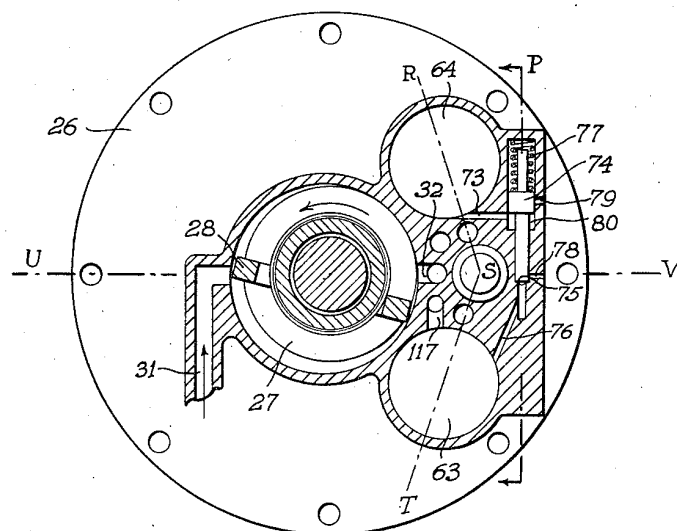
2,386,217

AUTOMATIC VARIABLE SPEED TRANSMISSION

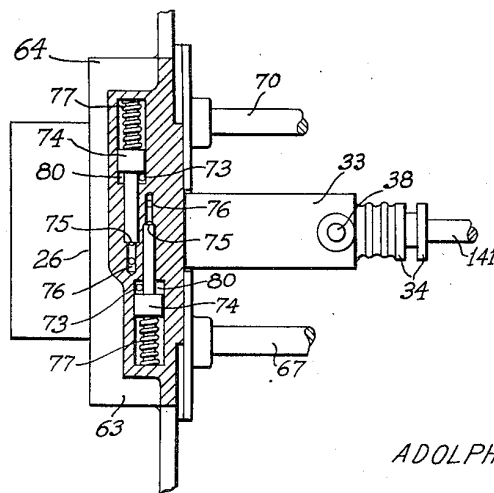
Filed July 10, 1940

6 Sheets-Sheet 3

*Fig. 6*



*Fig. 7*



*Inventor*  
ADOLPHE KÉGRESSE

*By*   
Attorney.

Рис. 11. Конструкция преселективной коробки перемены передач  
(фрагмент № 2 патента, конструктор – Адольф Кегресс)<sup>5</sup>

<sup>5</sup> URL: <https://store.donanimhaber.com/f6/34/6e/f6346e01562e247be535492134fb8c50.png>

Преселективная 7-ступенчатая коробка передач *PDK* (рис. 12) от инженеров *Porsche* и *ZF* получилась на 10 кг легче «автомата» *Tiptronic*, но на 30 кг тяжелее МКПП. Один пакет «мокрых» фрикционов отвечает за чётные (рис. 13, вверху), а второй – за нечётные и заднюю передачи (рис. 13, внизу).



Рис. 12. Разрез преселективной 7-ступенчатой коробки перемены передач *PDK* (*Porsche*)<sup>6</sup>

Отметим конструктивные особенности автомобилей, оснащённых преселективной коробкой переменных передач: маховик особой формы, два сцепления с разными диаметрами, два первичных вала (один – полый, другой – сплошной) (рис. 14).

Сплошной вал обеспечивает передачу крутящего момента на шестерни нечётных передач, а полый – на шестерни чётных передач.

Когда используется 1-я передача, крутящий момент передаётся с помощью 1-го сцепления на первый первичный вал, но в этот момент уже включена 2-я передача на втором первичном валу. В момент переключения передач происходит следующее: первое сцепление размыкается и одновременно с этим смыкается второе сцепление. Таким образом, переключение фактически не ощущается и составляет 0,08...0,1 с.

<sup>6</sup>URL: <https://www.drive2.ru/c/1796867/>

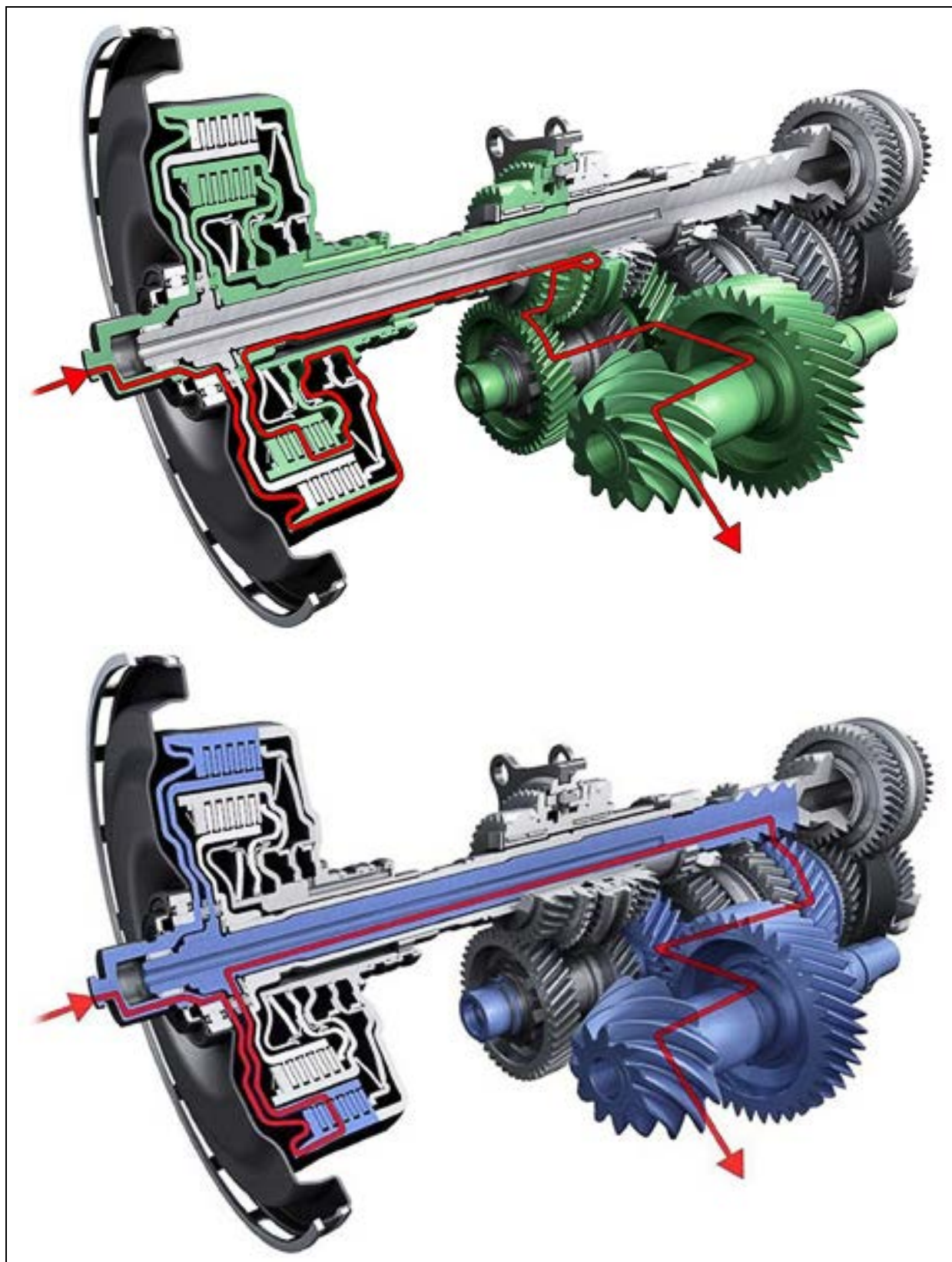


Рис. 13. Принцип работы преселективной 7-ступенчатой коробки перемены передач PDK (Porsche)<sup>7</sup>

<sup>7</sup>URL: <https://www.drive2.ru/c/1796867/>



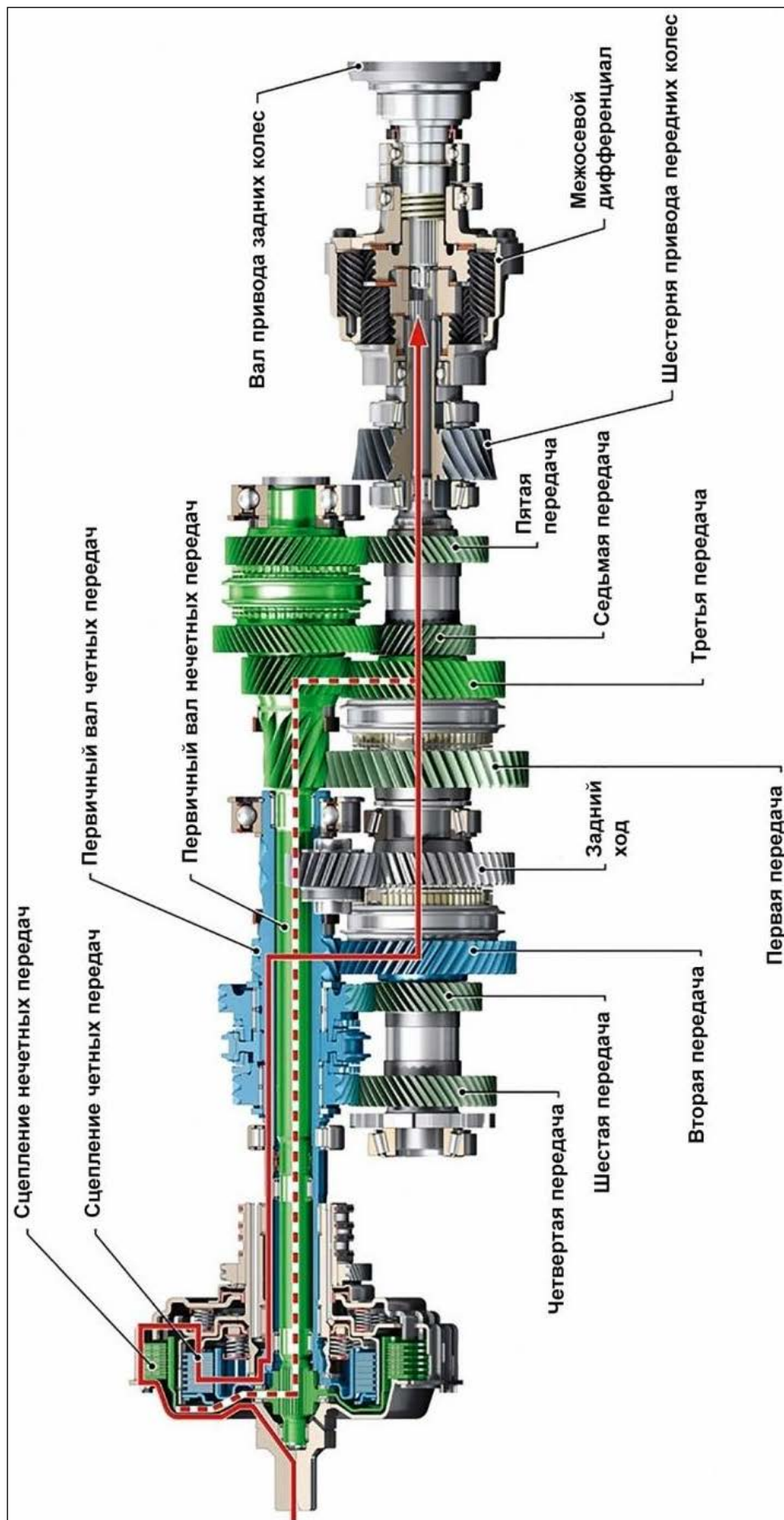


Рис. 14. Конструкция преселективной коробки перемены передач «Audi S-tronic DL501» [41]



В настоящее время такая конструкция коробки передач по праву считается наиболее перспективной и объединяет все достоинства вышеуказанных коробок передач: отсутствие разрыва потока мощности, плавность переключений и плавность хода, комфорт управления, высокая топливная экономичность, высокие тягово-динамические характеристики. Алгоритм программирования РКПП подстраивается под манеру вождения водителя, что является немаловажным преимуществом роботизированной коробки.

Среди недостатков стоит отметить возросшую стоимость по сравнению с РКПП с одним сцеплением или МКПП.

**Тенденции развития коробок перемены передач.** Исследование причин изменения конструкции коробок перемены передач позволяет определить область применения коробок перемены передач различной конструкции в конструкции легковых автомобилей, что позволяет обоснованно применить ту или иную конструкцию для легковых автомобилей, влияя на особенности спроса автомобилей на рынке их продаж.

Представленное многообразие конструкций коробок передач обуславливает необходимость рационального применения каждого вида коробок передач к конкретному автомобилю. В 21-м веке большое распространение получают различные виды коробок передач, для управления которыми не требуется участие человека. Однако не стоит забывать, что, несмотря на все преимущества автоматических трансмиссий, механическая трансмиссия продолжает использоваться вот уже более 200 лет.

На настоящее время, как показывает сравнительный анализ различных видов коробок передач, самой перспективной является коробка передач с двумя сцеплениями, так как объединяет преимущества всех коробок передач. Более того, если сравнить преселективную коробку передач с первыми механическими коробками передач, то можно сделать вывод, что коробка передач с двумя сцеплениями – это две механические коробки передач, объединённых в один корпус и выполненные с применением современных технологий электронного автоматизированного управления.

## **1.2. О разрыве потока мощности, передаваемого на ведущие колёса легкового автомобиля**

При управлении легковым автомобилем нередко случаи, когда при движении на подъём имеет место откат автомобиля назад. Такое явление в большинстве случаев объясняют недостаточным опытом водителя при трогании с места, когда он тратит больше времени на перевод ноги с тормоза на газ или освобождением стояночного тормоза. Естественно, что значительный откат может привести к дорожно-транспортному происшествию, особенно при несоблюдении требуемой дистанции.

Но откат автомобиля назад может быть вызван и работой коробки перемены передач конкретного вида. Так, для механической и роботизированной

коробок перемены передач возникает явление разрыва потока мощности (потока мощности), передаваемого на ведущие колёса легкового автомобиля, что и приводит к рассматриваемому откату автомобиля назад.

Поток мощности – это количество энергии, проходящее через некоторое произвольное пространство в единицу времени. Соответственно разрыв потока мощности – явление, при котором прекращается передача мощности на ведущие колёса автомобиля.

Проблема разрыва потока мощности и, как следствие в некоторых случаях откат автомобиля назад при определённых дорожных условиях, присущ автомобилям, оснащённым механической или роботизированной КПП. Иначе говоря, не все современные автомобили полноценно приспособлены к условиям эксплуатации.

Необходимо учитывать, что откат автомобиля назад будет иметь место при совокупности дорожных условий, обусловленных в первую очередь наличием продольного уклона, изменением направления движения (поворот поворот в плане) и другими факторами, вызывающими снижение скорости автомобиля.

### **1.3. Работа коробки перемены передач и поведение автомобиля при изменении дорожных условий**

Для понимания проблемы выделим возможные дорожные условия, приводящие к откату автомобиля назад. Например, автомобиль, оборудованный РКПП, движется по дороге с асфальтобетонным покрытием равномерно со скоростью 20 км/час. Алгоритм роботизированной коробки передач предполагает использование второй передачи.

Рассмотрим работу РКПП и поведение автомобиля при изменении дорожных условий – увеличении уклона и (или) изменении направления дороги в плане.

#### **А. Отсутствие прекращения движения и отката.**

Например, направление дороги изменяется на 90 градусов, что вынуждает водителя снизить скорость до 10 км/час. При этом роботизированная коробка передач понижает передачу: включается первая передача. После выхода из поворота автомобиль продолжает движение без отката.

В этом случае значение силы инерции превышает значение силы сопротивления движению и автомобиль в момент переключения передач движется накатом (при отсутствии силы тяги на ведущих колёсах), то есть

$$F_j > F_{\psi}, \quad (1)$$

где  $F_j$  – сила инерции автомобиля;

$F_{\psi}$  – сила сопротивления движению автомобиля.

Из основного уравнения движения автомобиля [13]

$$F_j = F_f + F_a,$$

и, учитывая что  $F_a = G \sin \alpha$ ,  $F_f = f G$ ,  $F_\psi = F_f \sin \alpha + F_a$ ,  
выражаем требуемые величины указанных выше сил:

$$F_j = m a, \quad (2)$$

где  $m$  – полная масса автомобиля;

$a$  – ускорение автомобиля;

$$F_\psi = G (f \cos \alpha + \sin \alpha), \quad (3)$$

где  $G$  – сила тяжести;

$f$  – коэффициент сопротивления качению;

$\alpha$  – угол продольного уклона дороги.

Преобразуя выражение (1) через выражения (2) и (3), получаем, что **отката не произойдет** при условии

$$a > g (f \cos \alpha + \sin \alpha). \quad (4)$$

### **Б. Прекращение движения без отката.**

Например, автомобиль поворачивает и начинается движение на подъём. В данном случае роботизированная коробка передач также понижает передачу – включается первая передача – автомобиль продолжает движение, но с одной особенностью – возможна такая ситуация, что автомобиль может остановиться за то время, пока переключалась передача.

В этом случае силы инерции и сопротивления движению уравниваются, то есть

$$F_j = F_\psi. \quad (5)$$

Иными словами, движение прекратится при условии

$$a = g (f \cos \alpha + \sin \alpha). \quad (6)$$

### **В. Откат после прекращения движения.**

Например, автомобиль поворачивает и начинается движение на подъём. РКПП также понижает передачу: включается первая передача.

За то время, пока переключалась передача, возникает остановка из-за возросшей силы сопротивления движению. А при подаче крутящего момента на ведущие колёса возможен откат назад из-за недостаточного сцепления ведущих колёс с опорной поверхностью.

Условие отката автомобиля после прекращения движения будет иметь вид

$$F_j < F_\psi, \quad (7)$$

т.е. откат произойдет при условии

$$a < g(f \cos \alpha + \sin \alpha). \quad (8)$$

Автомобиль должен быть безопасен, поэтому неконтролируемые ситуации должны быть исключены, в том числе и конструкцией его узлов и механизмов.

Во избежание отката автомобиля назад необходимо либо вручную заранее выбирать первую передачу (что противоречит смыслу выбора роботизированной коробки передач), либо изменять конструкцию коробки передач таким образом, чтобы **исключить возможность отката**.

#### **1.4. Анализ конструкций коробок перемены передач легковых автомобилей по проблеме разрыва потока мощности. Преимущества преселективной коробки перемены передач**

Откат автомобиля показывает, что автомобиль полноценно не приспособлен к условиям эксплуатации. Данная проблема имеет место лишь при действии совокупности факторов.

Длительность разрыва потока мощности на автомобилях, оборудованных МКПП и РКПП, определяется временем переключения. Для уменьшения времени переключения необходимо организовать работу коробки перемены передач таким образом, чтобы после выключения предыдущей передачи муфта включения следующей передачи уже находилась в зацеплении.

Таким образом, в целях снижения длительности разрыва потока мощности необходимо использование преселективной роботизированной КПП.

Время, необходимое на переключение передачи, будет зависеть от конструкции КПП, применяемой в автомобиле. В автомобилях с МКПП время будет зависеть как от времени срабатывания муфты на уравнивание угловых скоростей синхронизатора, так и от времени, необходимого водителю для воздействия на рычаг.

В АКПП разрыва потока мощности не происходит благодаря работе гидравлической системы. Вариатор за счёт плавного изменения передаточного отношения также исключает разрыв потока мощности. В РКПП это время будет зависеть от скорости исполнительных элементов (актуаторов сцепления и перемены передач) и времени срабатывания муфты. В преселективных КПП длительность разрыва потока мощности столь незначителен (0,08...0,1 с), что его можно не учитывать. Более наглядно длительность разрыва потока мощности от типа КПП представлена в табл. 1.



Таблица 1

Зависимость времени переключения от типа КПП

Вид КПП	МКПП	АКПП	Вариатор	РКПП	Преселективная КПП
Длительность разрыва потока мощности (время переключения передачи)	1...2 с <sup>8</sup>	0 <sup>9</sup>	0 <sup>10</sup>	1...2 с	0,08...0,1 с

При сравнении типов КПП по длительности разрыва потока мощности можно сделать вывод, что АКПП, вариатор и преселективная КПП обладают преимуществом над МКПП и РКПП, так как в этих КПП отсутствует разрыв потока мощности.

Как показывает сравнительный анализ различных типов коробок передач, наиболее перспективной является коробка передач с двумя сцеплениями, так как объединяет преимущества всех коробок передач: отсутствие разрыва потока мощности, плавность переключения и плавность хода, комфорт управления, высокая топливная экономичность, высокие тягово-динамические характеристики. Алгоритм программирования РКПП подстраивается под манеру вождения водителя, что является немаловажным преимуществом роботизированной коробки.

Более того, если сравнить преселективную коробку передач с первыми механическими коробками передач, то можно сделать вывод, что коробка передач с двумя сцеплениями – это две механических коробки передач, объединённых в один корпус и выполненные с применением современных технологий электронного автоматизированного управления.

### 1.5. Формирование исходных данных для проектирования коробки перемены передач легковых автомобилей

Автомобиль, выполняя значительные объёмы перевозок грузов (грузовой автомобиль) и пассажиров (автобус, троллейбус), обеспечивая нужды физических лиц и организаций в качестве легкового автомобиля, требует обеспечения безопасности при движении.

Для решения значительного числа задач в области безопасности дорожного движения была предложена система «Водитель – автомобиль –

<sup>8</sup> Зависит от квалификации водителя, конструкции коробки передачи, типа двигателя.

<sup>9</sup> В АКПП разрыв потока мощности отсутствует за счёт особенности конструкции КПП: в момент перемены передач обеспечивается небольшое буксование фрикционных, что позволяет плавно переключить передачу и не избежать разрыва потока мощности.

<sup>10</sup> В вариаторе разрыв потока мощности отсутствует за счёт плавного изменения передаточного отношения.

дорога – среда» (ВАДС), значительный вклад в которую вложил отечественный ученый Роберт Владимирович Ротенберг [28, 29].

Свойства каждого элемента системы направлены на беспроблемное взаимодействие элементов внутри системы, при этом взаимодействие будет различаться при различных наборах свойств.

В труде [28] при рассмотрении особенностей элемента «Автомобиль» он указывает, что «условия эксплуатации ... носят случайный характер и имеют вероятностные характеристики дорожных условий, скоростей движения, массы перевозимого груза, режима движения».

Указанные особенности характеризуют автомобиль как изделие, поэтому учитывать их необходимо на стадии проектирования автомобиля как изделия массового производства.

Поскольку в системе ВАДС основой «... является человек с его регулирующими и управляющими действиями ...» (рис. 15), необходимо при проектировании узлов и механизмов во избежание серьезных ошибок при управлении автомобилем максимально учесть возможности человека и снизить напряженность его работы, особенно когда автомобиль стал массовым. Поэтому при конструировании автомобиля и его систем, в том числе и коробки перемены передач, необходимо максимально учитывать не только взаимодействие автомобиля и дорожных условий, а также обеспечивать степень комфорта водителя.

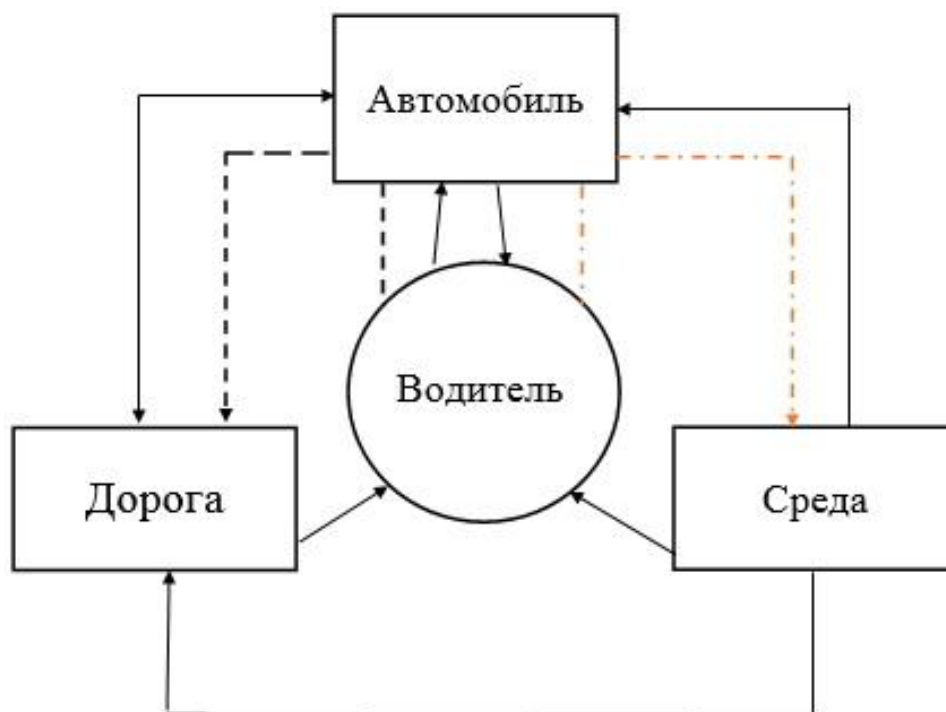


Рис. 15. Структура системы «Водитель – автомобиль – дорога – среда»: сплошные линии определяют четырех- и двухэлементные связи; пунктирные линии определяют трехэлементные связи

Обеспечение возможности движения автомобиля при изменении параметров плана и профиля дороги, различающихся природно-климатических условиях, наличия либо отсутствия осадков приводит к необходимости переключения передач автомобиля.

Рост городов и преимущественное использование автомобиля в городах потребовало изменения конструкции трансмиссий легковых автомобилей: развитие автоматизации переключения передач для повышения комфорта водителя при управлении. Это задача решается путем применения гидромеханических коробок передач с гидротрансформатором, автоматических бесступенчатых коробок передач (вариаторов) и механических роботизированных КПП с двумя сцеплениями (преселективные КПП).

Разнообразие конструкций коробок перемены передач и условий эксплуатации приводят к необходимости формирования исходных данных для проектирования коробок перемены передач.

**Передаточное число трансмиссии** зависит от условий эксплуатации проектируемого автомобиля. Существующие положения требуют расчета по условию максимального сопротивления движению и условию сцепления колёс с опорной поверхностью.

Максимальное передаточное число, то есть передаточное отношение первой передачи, определяется по двум условиям [26].

Сначала определяется максимальное передаточное число трансмиссии по условию максимального сопротивления движению по формуле

$$u_{\psi} \geq \frac{m g \psi_{\max} r_{\delta}}{M_{e \max} \eta_{mp}}, \quad (9)$$

где  $m$  – полная масса автомобиля, кг;

$g$  – ускорение силы тяжести;

$\psi_{\max}$  – максимальное значение коэффициента сопротивления дороги;

$r_{\delta}$  – динамический радиус качения колеса;

$M_{e \max}$  – максимальный крутящий момент двигателя, Н м;

$\eta_{mp}$  – коэффициент полезного действия трансмиссии.

Затем определяется необходимое передаточное число трансмиссии по условию сцепления колёс с опорной поверхностью по формуле

$$u_{\varphi} \leq \frac{m g \varphi r_{\delta}}{M_{e \max} \eta_{tp}}, \quad (10)$$

где  $\varphi$  – значение коэффициента сцепления колёс с опорной поверхностью.

Таким образом, применяется следующее неравенство для определения необходимого передаточного числа трансмиссии:

$$u_{\psi} \leq u \leq u_{\varphi}. \quad (11)$$

Анализ методики расчета передаточного числа трансмиссии показывает, что если выполняется условие (9) и (10), то автомобиль приспособлен

к заданным условиям эксплуатации. Если не выполняется условие (9), то есть передаточное число меньше требуемого по условиям сопротивления, то автомобиль не сможет начать движение.

Если не выполняется условие (10), то есть максимальное передаточное число выше расчётного по условию сцепления, то это говорит о том, что при движении в условиях недостаточного сцепления необходимо использовать более высокую передачу.

**Необходимость учета длительности разрыва потока мощности.** При проектировании КПП необходимо учитывать все потенциально возможные ситуации при различных режимах движения автомобиля. Помимо расчёта передаточных отношений трансмиссии следует учитывать также длительность разрыва потока мощности, а также тип используемой коробки перемены передач, так как каждый тип КПП характеризуется разрывом потока мощности либо его отсутствием.

Например, длительность разрыва потока мощности для автомобилей с МКПП и РКПП составляет около 1,5 с, что при определённых дорожных условиях может привести к прекращению движения и откату автомобиля назад.

При отсутствии крутящего момента на ведущих колёсах при определённых дорожных условиях возможны прекращение движения и откат автомобиля назад, что может привести к дорожно-транспортному происшествию. Для предотвращения прекращения движения и отката необходимо учитывать длительность разрыва потока мощности.

Средняя величина ускорения определится следующим образом:

$$a = \frac{V_2 - V_1}{t}, \quad (12)$$

где  $V_1$  – начальная скорость;

$V_2$  – конечная скорость;

$t$  – длительность разрыва потока мощности или время переключения передачи в РКПП и МКПП.

Так как  $V_2 = 0$ , то максимально допустимая длительность разрыва потока мощности будет определяться не уравнением, а неравенством, которое будет определять время, при котором не произойдёт прекращения движения.

Получаем необходимую зависимость длительности разрыва потока мощности (времени переключения передачи) от дорожных условий:

$$t < \frac{V_2 - V_1}{a}. \quad (13)$$

Ускорение автомобиля можно выразить через силу инерции:

$$a = \frac{F_j}{m}, \quad (12)$$



где  $F_j$  – сила инерции автомобиля.

Получаем зависимость допустимой длительности разрыва потока мощности от силы инерции автомобиля:

$$t < \frac{m(V_2 - V_1)}{F_j}. \quad (13)$$

Приведённые выше зависимости позволяют получить теоретическое значение допускаемого разрыва потока мощности при переключении передачи в зависимости от силы инерции автомобиля.

Именно поэтому при проектировании КПП и анализе условий эксплуатации необходимо учитывать не только передаточное отношение по условиям сцепления и дорожного сопротивления, но и учитывать тип КПП, а точнее – длительность разрыва потока мощности, зависящего от типа КПП.

Таким образом, исходными данными для проектирования коробок перемены передач легковых автомобилей являются:

- тип коробки перемены передач;
- условия эксплуатации, характеризующиеся системой коэффициентов (сцепления, сопротивления движению и др.);
- передаточные отношения, определённые по условиям максимального дорожного сопротивления и сцепления колёс с опорной поверхностью;
- допускаемая длительность разрыва потока мощности.

### **1.6. Проектирование преселективной роботизированной коробки перемены передач**

Одним из современных направлений развития конструкций трансмиссий легковых автомобилей является автоматизация переключения передач с целью предотвращения разрыва потока мощности при переключении передач и повышение комфорта водителя. Задача решается путем применения гидромеханических коробок передач с гидротрансформатором, автоматических бесступенчатых коробок передач (вариаторов) и механических роботизированных КПП с двумя сцеплениями (преселективные КПП).

Целесообразно применение механической коробки перемены передач с двойным сцеплением и автоматизированным переключением передач, поскольку она обладает рядом преимуществ над АКПП и вариатором.

Проектирование либо совершенствование преселективной роботизированной коробки перемены передач можно предусмотреть при выполнении выпускной квалификационной работы для обучающихся по направлению подготовки 23.03.03 и 23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Например, в качестве автомобиля-прототипа можно принять легковой автомобиль *Lada Vesta*, который оснащается бензиновым двигателем объёмом 1,6 или 1,8 л (ВАЗ-21179), механической или роботизированной коробкой перемены передач (рис. 16).

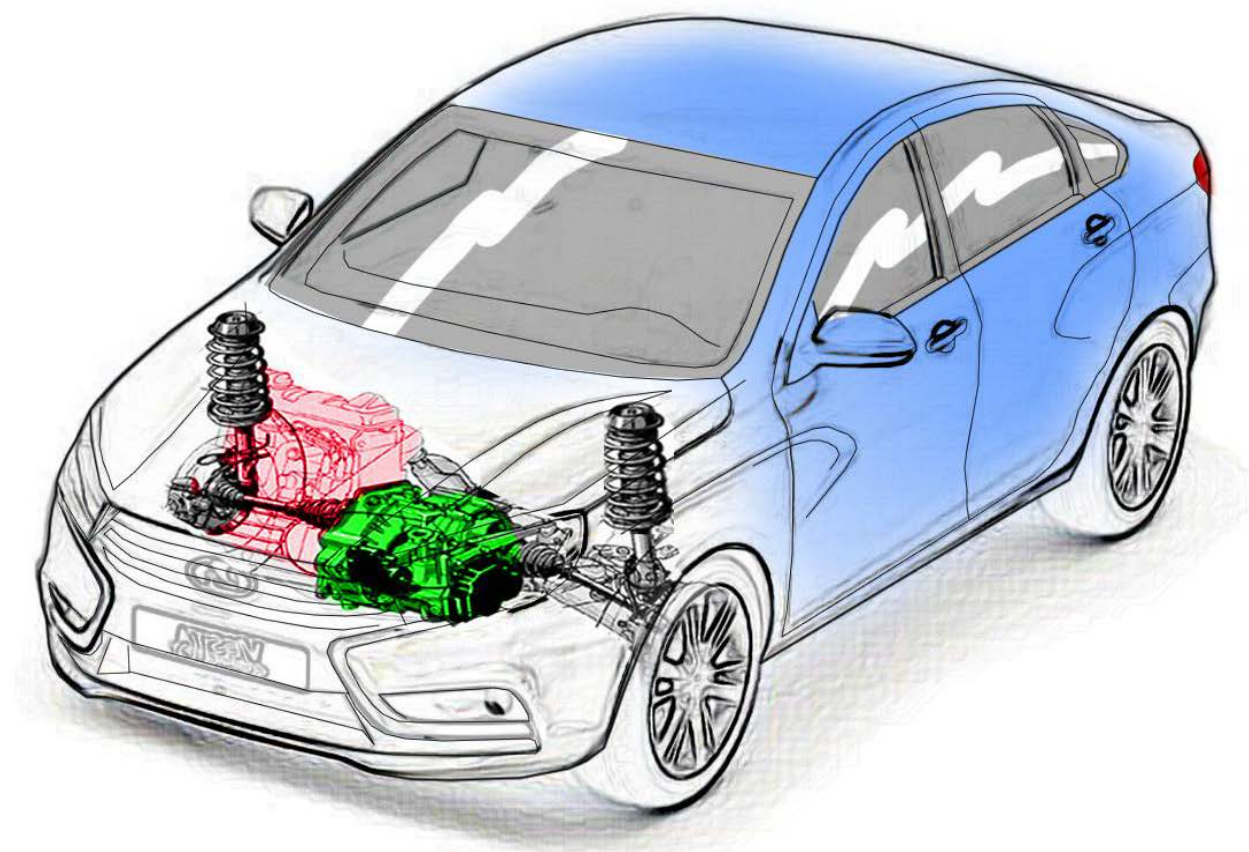


Рис. 16. Рентген-схема легкового автомобиля *Lada Vesta* (зелёным цветом выделена РКПП)

Выбор именно этого автомобиля обусловлен следующими факторами. Автомобиль выпускается с РКПП и МКПП, что имеет ряд недостатков, имеет длительный разрыв потока мощности, приводящий к откату автомобиля назад.

Для увеличения объёмов продаж автомобиля *Lada Vesta* необходим анализ недостатков и предложение наработок, которые позволили бы ему конкурировать с автомобилями иностранного производства.

На рис. 17–20 представлены примеры чертежей, выполненных в выпускной квалификационной работе В.В. Кучкарова по теме «Совершенствование кинематических и конструктивных параметров коробок передач легковых автомобилей» под руководством автора.

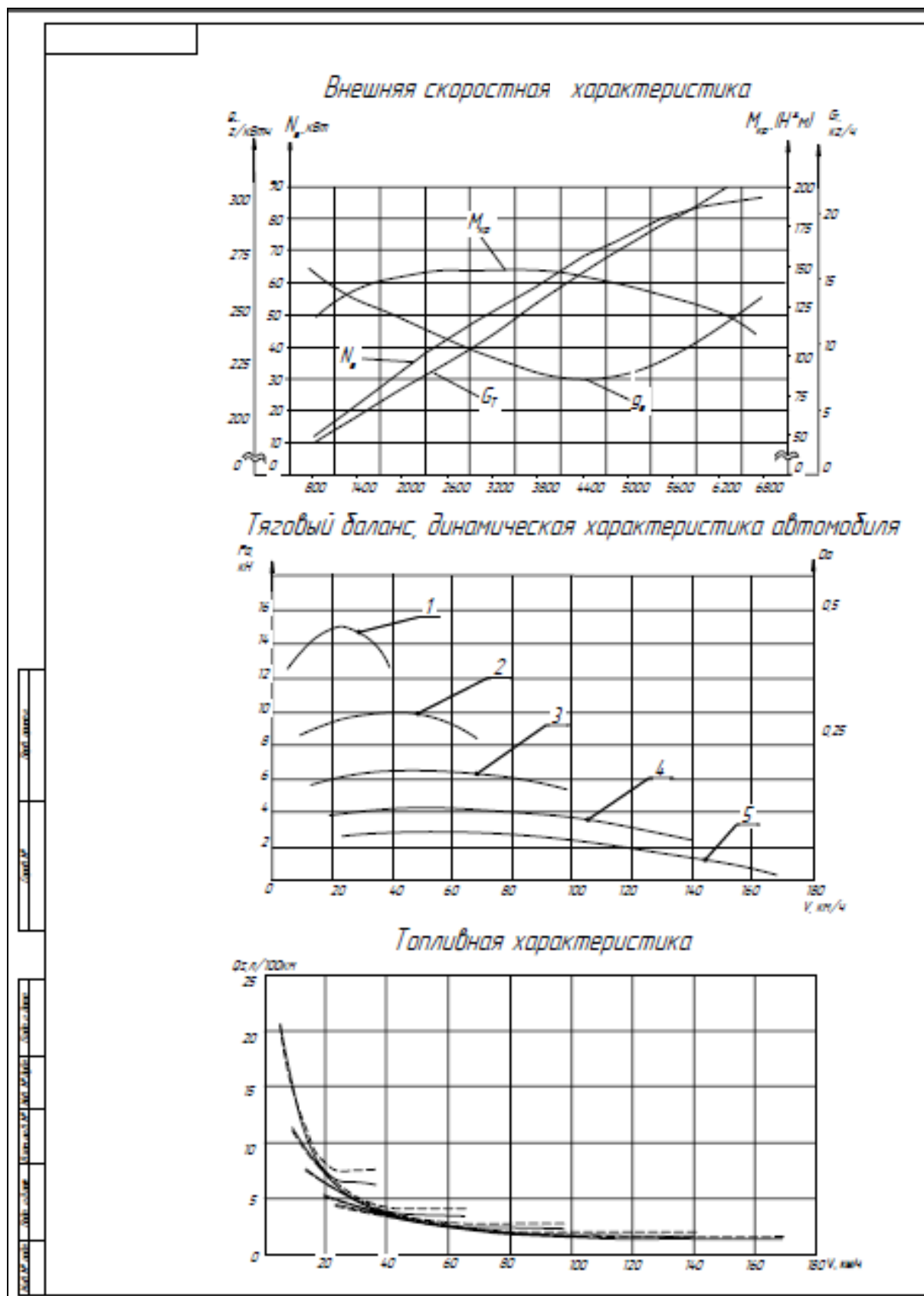
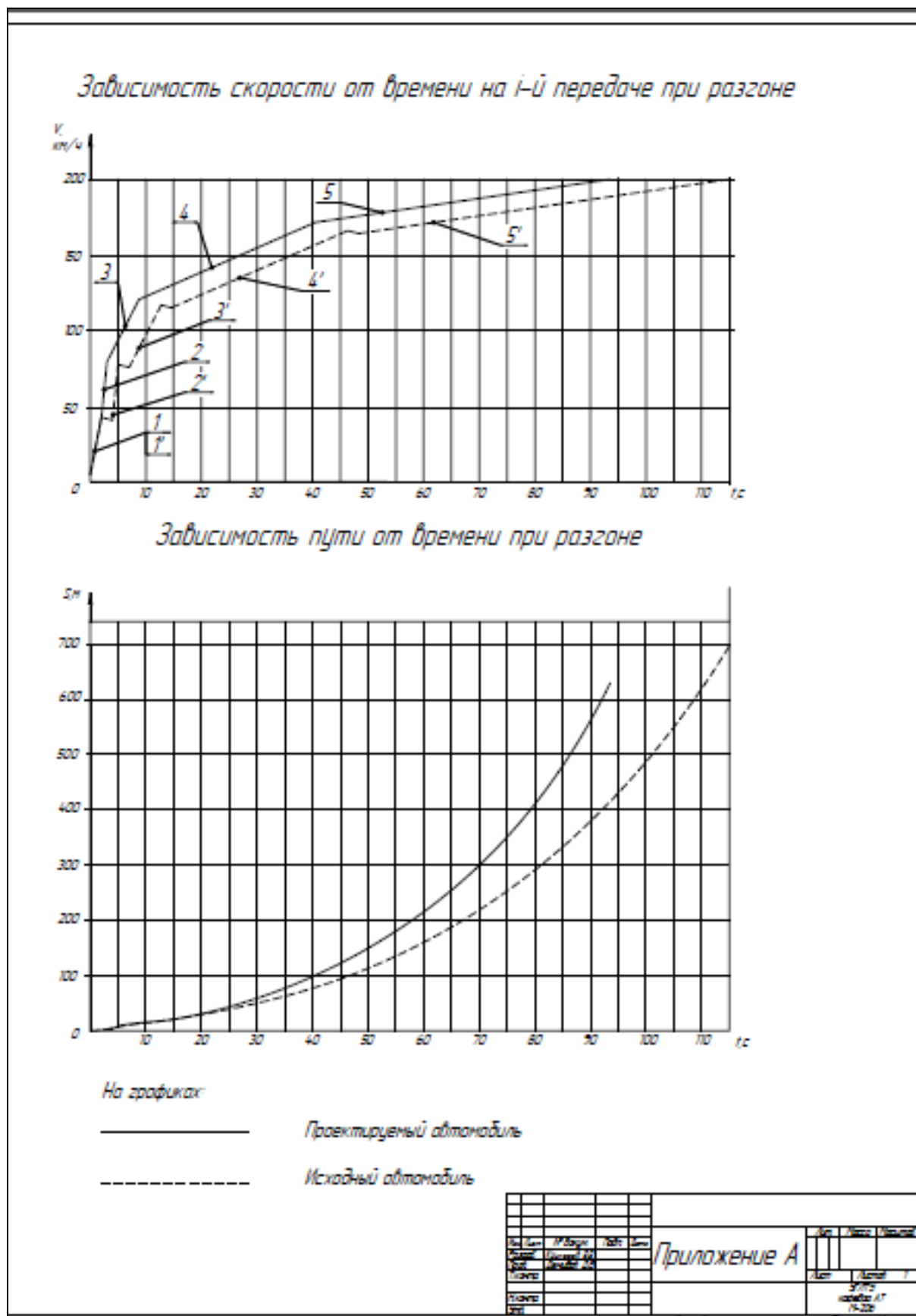


Рис. 17 . Графики тягово-скоростных свойств автомобиля Lada Vesta



с преселективной роботизированной коробкой перемены передач



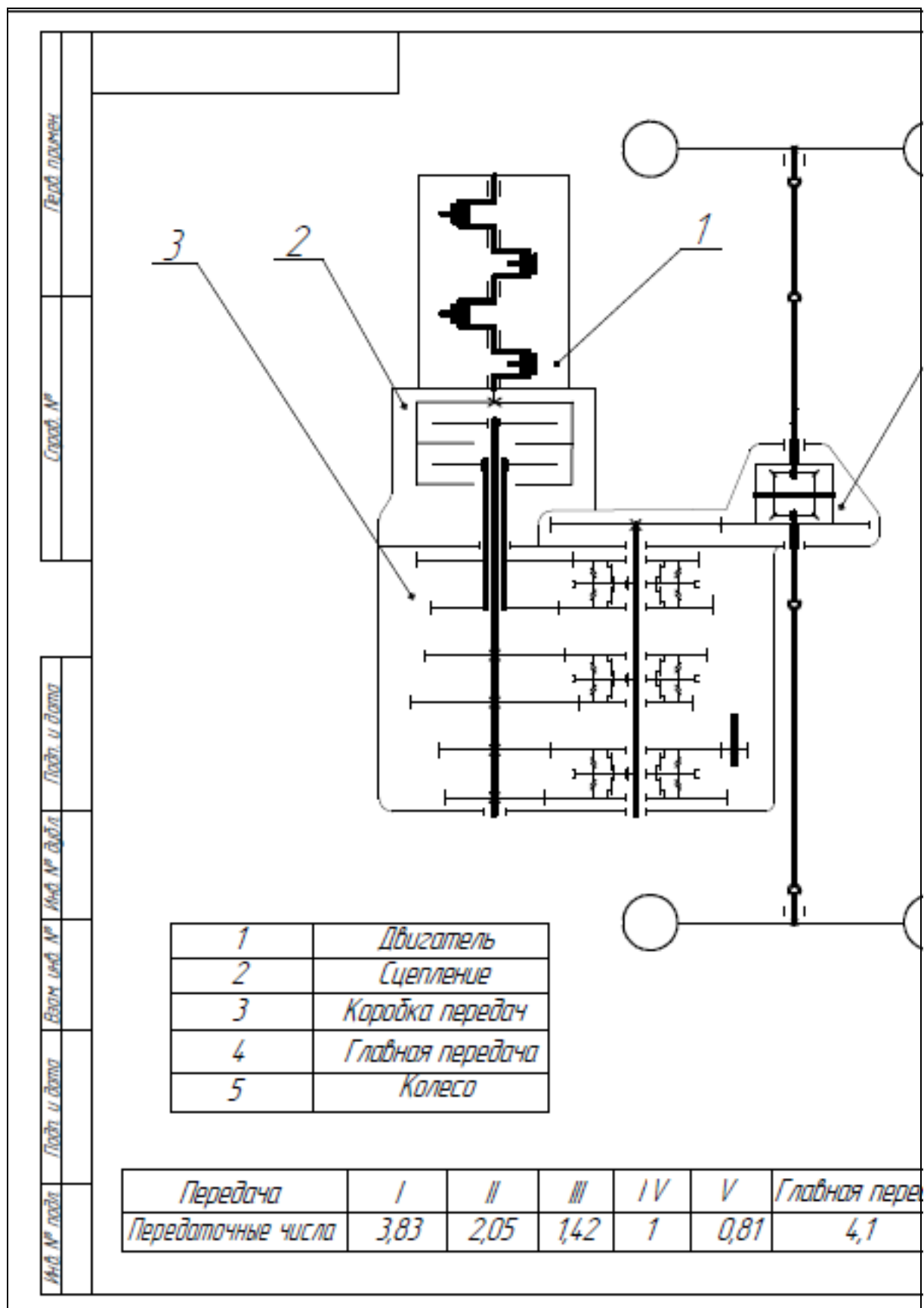
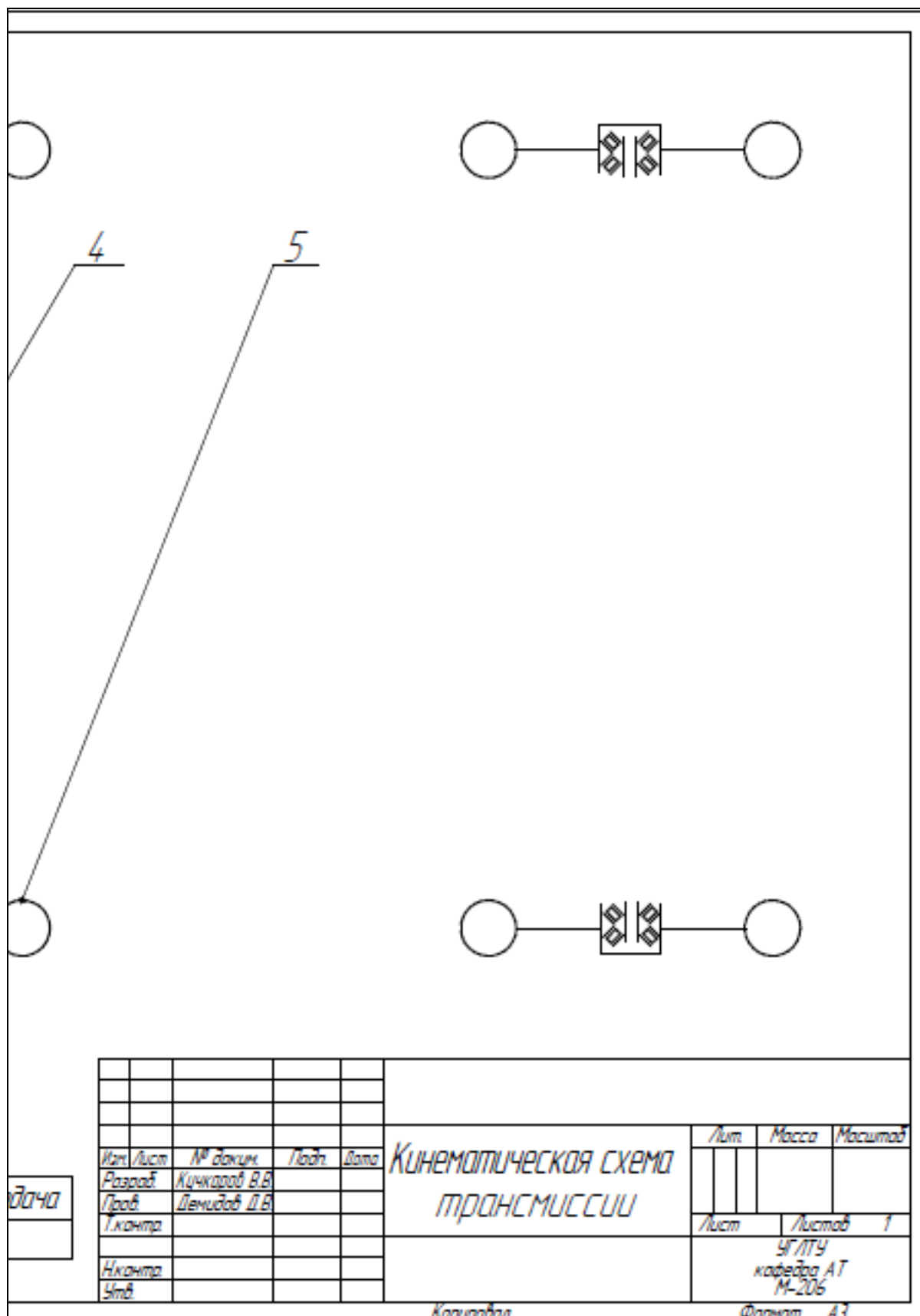


Рис. 18. Кинематическая схема трансмиссии автомобиля Lada Vesta



с преселективной роботизированной коробкой перемены передач

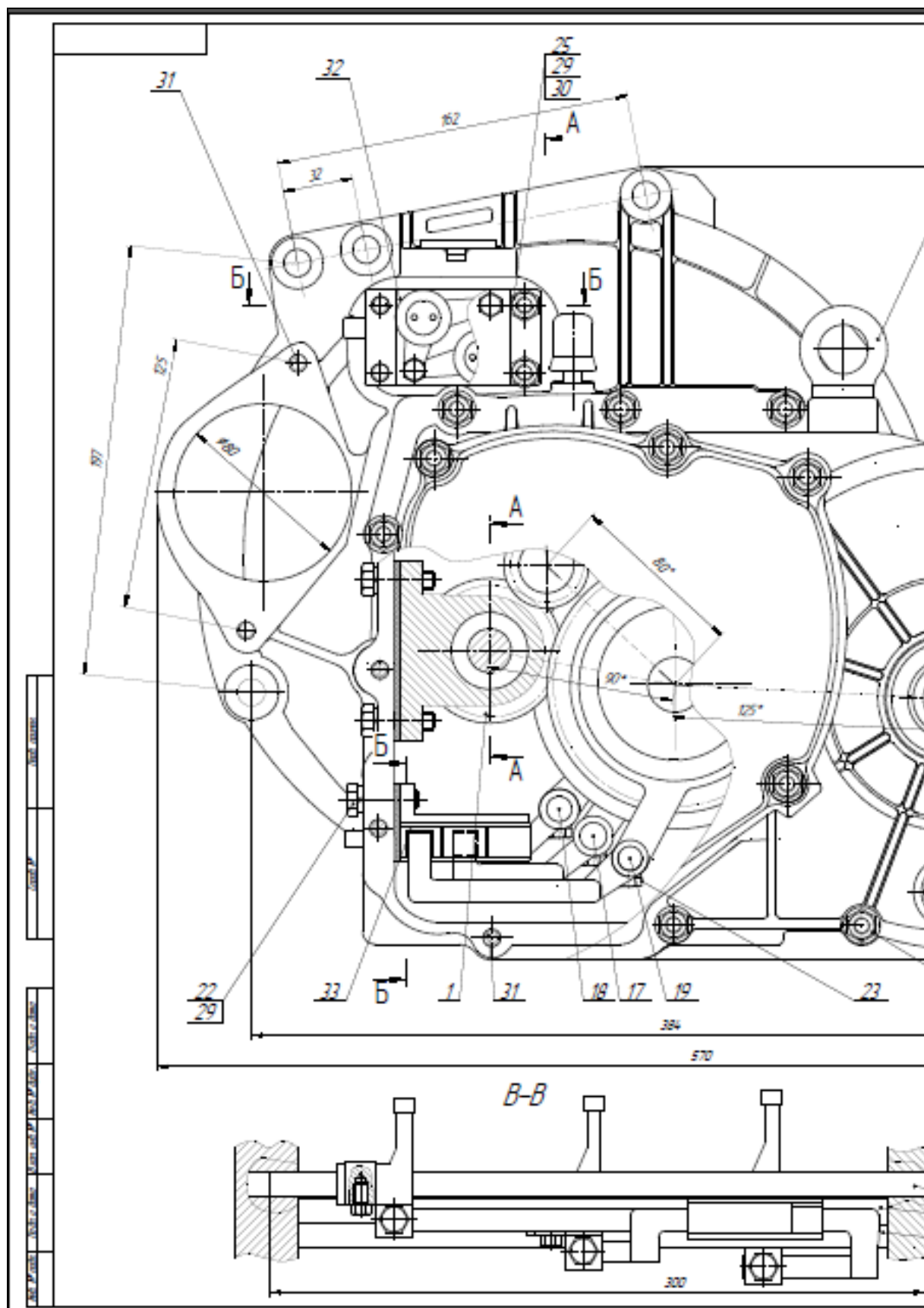
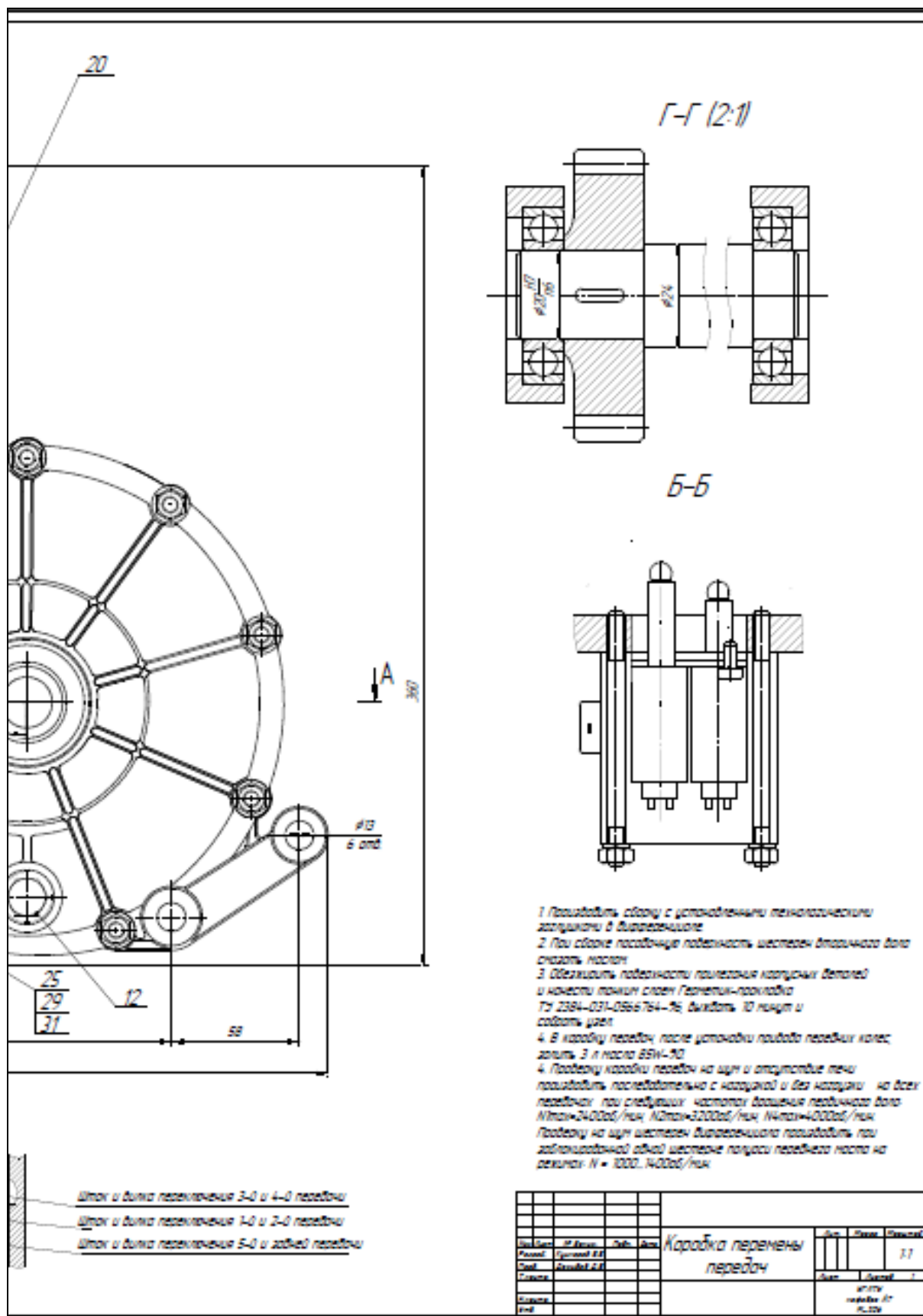


Рис. 19. Конструкция преселективной роботизированной



коробки перемены передач

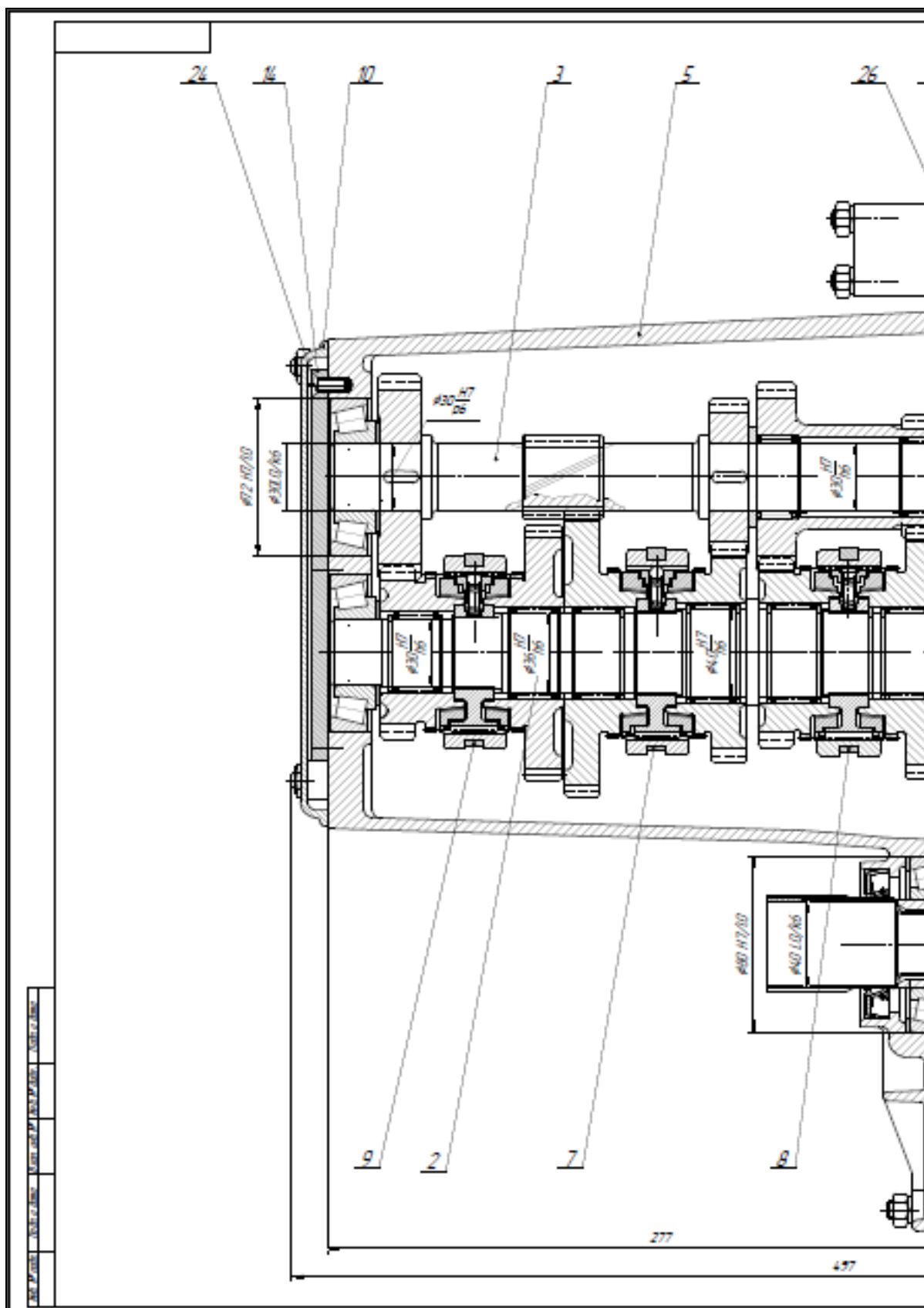
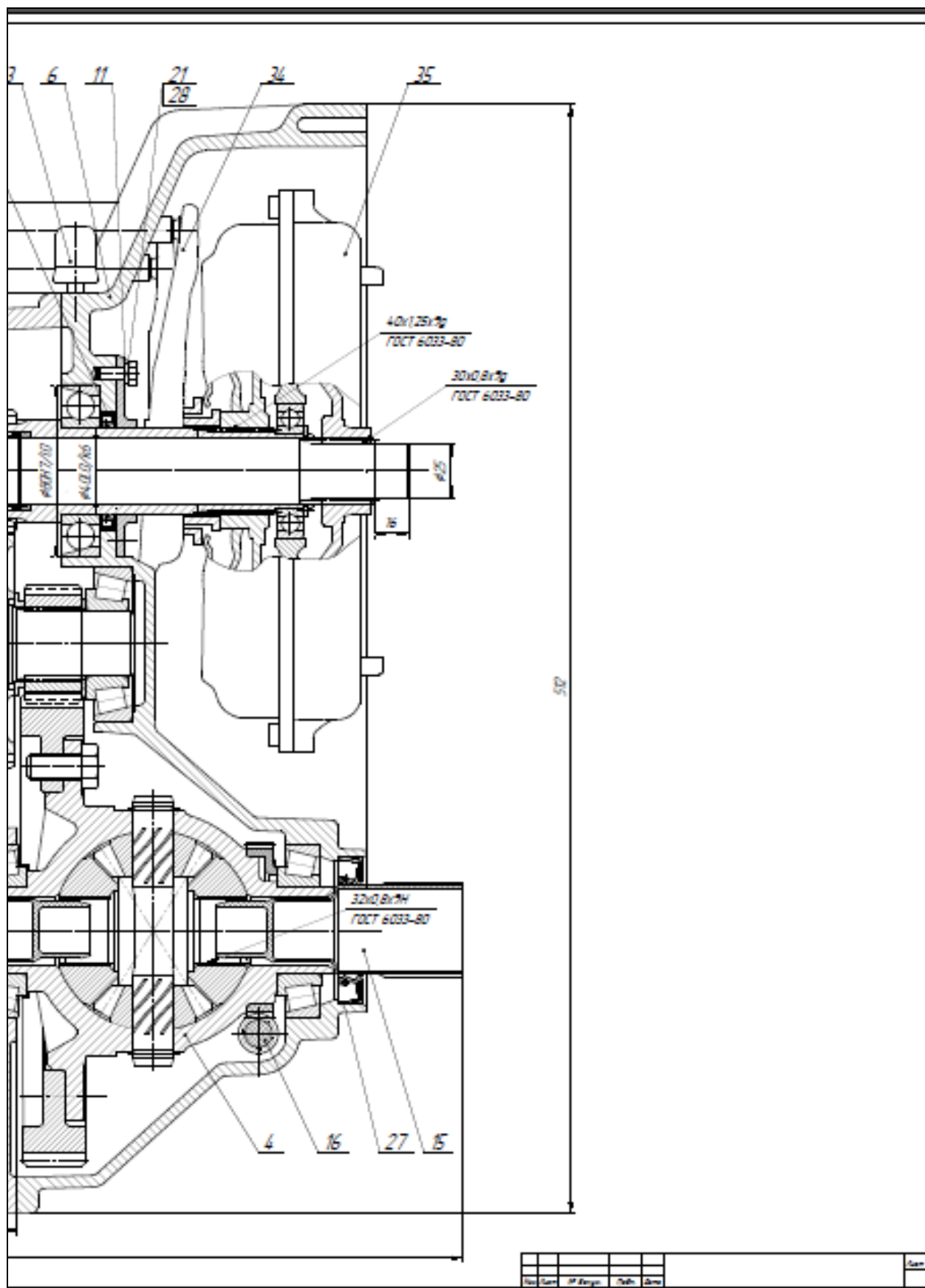


Рис. 20. Разрез преселективной роботизированной





коробки перемены передач

## 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ: РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ЗАНЯТИЙ СЕМИНАРСКОГО ТИПА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

По дисциплине «**История и развитие мировой автомобилизации**» при подготовке к занятиям семинарского типа обучающимся по направлениям подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов» и 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» необходимо самостоятельное изучение разделов 1.1, 1.2, 1.4 и 1.5.

По дисциплине «**История и развитие фундаментальной и транспортной науки**» при подготовке к занятиям семинарского типа обучающимся по направлениям подготовки 23.04.01 «Технология транспортных процессов» и 23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» необходимо самостоятельное изучение разделов с 1.2 по 1.6 включительно.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автоматические коробки передач / Пер. с англ. С.А. Лаптева, О.Л. Левенстерн. – М.: Машгиз, 1958. – 368 с.
2. Автомобили СССР: Каталог-справочник / Науч.-исслед. ин-т информации автомоб. пром-сти «НИИНАвтопром». – М.: НИИНАвтопром, 1969, 126 с. – Ч. 3: Коробки передач, гидромеханические передачи, раздаточные коробки и коробки отбора мощности.
3. Агрегаты Audi Q5/ Программа самообучения Audi № 429. – М.: ООО «Фольксваген Груп Рус», 2007. – 47 с.
4. Бесступенчатая автоматическая коробка передач Multitronic 01J. Устройство и принцип действия / Программа самообучения Audi №228. – М.: ООО «Фольксваген Груп Рус», 2001. – 99 с.
5. Гапоян, Д.Т. Коробки передач легковых автомобилей: обзор зарубежных конструкций / Д.Т. Гапоян, А.С. Кичжи. – М.: НИИНАвтопром, 1968. – 106 с. – (Серия II «Конструкции легковых автомобилей и автобусов.
6. Гапоян, Д.Т. Фрикционы автоматических коробок передач: конструкция и расчет / Д.Т. Гапоян. – М.: Машиностроение, 1966. – 167 с.
7. Гольд, Б.В. Теория, конструирование и расчет автомобиля: учебник для высш. техн. учеб. заведений / Б.В. Гольд, Б.С. Фалькевич. – М.: Машгиз, 1957. – 535 с.
8. Дорожная терминология: справочник / Под ред. М.И. Вейцмана. – М.: Транспорт, 1985. – 310 с.

9. Дымшиц, И.И. Коробки передач / И.И. Дымшиц; под ред. проф. А.А. Липгарта. – М.: Машгиз, 1960. – 360 с.
10. Дэниэлс, Д. Современные автомобильные технологии / Д. Дэниэлс. – М.: ООО «Изд-во АСТ»: ООО «Изд-во Астрель», 2003. – 223 с.
11. Зимелев, Г.В. Теория автомобиля / Г.В. Зимелев. – М.: Машгиз, 1959. – 312 с.
12. Иларионов, В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий / В.А. Иларионов. – М.: Транспорт, 1989. – 255 с.
13. Иларионов, В.А. Эксплуатационные свойства автомобиля / В.А. Иларионов. – М.: Машиностроение, 1966. – 280 с.
14. Конвенция о дорожном движении (вместе с «Техническими условиями, касающимися автомобилей и прицепов»): заключена в г. Вене 08 ноября 1968 г.; с изм. и доп. от 03 марта 1992 г.; с изм. от 28 сентября 2004 г.
15. Крайнев, А.Ф. Словарь-справочник по механизмам / А.Ф. Крайнев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 560 с.
16. Круташов, А.В. Коробки передач. Конструкция: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства» / А.В. Круташов. – М.: МАМИ, 2013. – 83 с.
17. Крюков, А.Д. Методика расчета редукторов и коробок передач транспортных машин / А.Д. Крюков. – Л.: ЛПИ, 1954. – 83 с.
18. Кучкаров, В.В. Исторический обзор развития конструкции коробок перемены передач легковых автомобилей / В.В. Кучкаров, Д.В. Демидов // В сб.: Вестник Брянского государственного технического университета. – Брянск, 2017. – № 1. – С. 125 – 132.
19. Кучкаров В.В. О разрыве потока мощности в трансмиссии легковых автомобилей / В.В. Кучкаров, Д.В. Демидов // В сб.: Мир транспорта. 2017. – Т. 15. – № 6 (73). – С. 80 – 87.
20. Кучкаров В.В. Причины развития конструкции коробок перемены передач легковых автомобилей / В.В. Кучкаров, Д.В. Демидов // В сб.: Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: мат. XIII Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2017. – С. 317 – 320.
21. Мазалов, Н.Д. Гидромеханические коробки передач / Н.Д. Мазалов и С.М. Трусов. – М.: Машиностроение, 1971. – 294 с.
22. Никитин, О.Ф. Гидравлика и гидропневмопривод: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» / О.Ф. Никитин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 431 с.
23. О безопасности дорожного движения: Федеральный закон Российской Федерации от 10 декабря 1995 г. №196-ФЗ.

24. О правилах дорожного движения: Постановление Совета Министров – Правительства Российской Федерации от 23 октября 1993 г. №1090.

25. ОДМ 218.4.005-2010. Отраслевой дорожный методический документ. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах: Утверждены Распоряжением Росавтодора Министерства транспорта Российской Федерации от 12 января 2011 г. № 13-р.

26. Проектирование трансмиссий автомобилей: справочник / Под общ. ред. А.И. Гришкевича. – М.: Машиностроение, 1984. – 268 с.

27. Развитие конструкции автомобиля. – М.: Машгиз, 1953. – 128 с. – Вып. 11: Ступенчатые коробки передач легковых автомобилей / В.Ф. Родионов.

28. Ротенберг, Р.В. Надежность водителя и проблема безопасности дорожного движения / Р.В. Ротенберг // В сб.: Организация движения в сложных дорожных условиях. Труды МАДИ. – М.: Издание МАДИ, 1976. – Вып. 128. – С. 5–16.

29. Ротенберг, Р.В. Основы надежности системы водитель – автомобиль – дорога – среда / Р.В. Ротенберг. – М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.

30. Салахутдинов, Ш.А. Конструкция и эксплуатационные свойства транспортных машин: теория, анализ конструкций, основы расчета: учебное пособие / Ш.А. Салахутдинов, Д.В. Демидов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2013. – 122 с.

31. Словарь основных терминов судебной автотехнической экспертизы / В.Н. Аверьянов и др. – М.: ВНИИ судебных экспертиз, 1988. – 65 с.

32. Таборек, Я. Механика автомобиля / Я. Таборек; пер. с англ. А.Н. Нарбута; под ред. В.Ф. Родионова – М.: Машгиз, 1960. – 208 с.

33. Умняшкин, В.А. Теория автомобиля: учеб. пособие / В.А. Умняшкин, Н.М. Филькин, Р.С. Музафаров. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2006. – 272 с.

34. Успенский, И.Н. Конструирование трансмиссии автомобиля. Коробки передач: учеб. пособие / И.Н. Успенский. – Горький: ГПИ, 1980. – 58 с.

35. Устройства и элементы систем автоматического регулирования и управления: В 3 кн. / Под ред. В.В. Солодовникова. – М.: Машиностроение, 1976. – 735 с. – Кн. 3: Исполнительные устройства и сервомеханизмы / П.В. Бирюков, А.Г. Боровков, Е.С. Блейз и др.

36. Фалькевич, Б.С. Теория автомобиля: учебник для вузов / Б.С. Фалькевич. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машгиз, 1963. – 239 с.

37. Форд, Г. История моего успеха: пер. с англ. / Г. Форд. – М.: АСТ, 2015. – 432 с. – (Гордость человечества).
38. Хельдт, П.М. Автомобильные сцепления и коробки передач / П.М. Хельдт; пер. с англ. – 2-е изд.; под ред. С.А. Лаптева, В.Ф. Родионова, А.В. Осипяна. – М.: Машгиз. – 1947. – 328 с.
39. Цитович, И.С. Анализ и синтез планетарных коробок передач автомобилей и тракторов / И.С. Цитович, В.Б. Альгин, В.В. Грицкевич. – Минск: Наука и техника, 1987. – 224 с.
40. Чудаков, Е.А. Теория автомобиля: учебник для высш. техн. учеб. заведений / Е.А. Чудаков. – 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Машгиз. – 1950. – 344 с.
41. Шестиступенчатая коробка передач со сдвоенным сцеплением 02E (S-tronic) / Программа самообучения Audi №386. – М.: ООО «Фольксваген Груп Рус», 2010. – 87 с.
42. Янте, А. Механика движения автомобиля / А. Янте; пер. с нем. Н.И. Владинца, И.А. Левина. – Ч. 1. – М.: Машгиз. – 1958 – 263 с.
43. 7G-Tronic (722.9) in the Workshop. Tips and Tricks. – Stuttgart: DaimlerChrysler AG, 2009. – 40 p.
44. Petite histoire d'une première vie de Renault: 1898–1944. - URL: [http://c.papy.free.fr/original/Renault%201898%20-%201944%20\(Claude\).pdf/](http://c.papy.free.fr/original/Renault%201898%20-%201944%20(Claude).pdf/) (дата обращения: 20.06.2016).
45. The Autocar Handbook, 13th ed. – London: Iliffe & Sons Limited, Dorset House, Stamford Street, 1935. – 228 p.



## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

### **Приложение 1**

#### **СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ**

АКПП – автоматическая коробка перемены передач;  
АМТ – автоматизированная механическая трансмиссия;  
ВАДС – система «Водитель – автомобиль – дорога – среда»;  
КДД – Конвенция о дорожном движении;  
КПД – коэффициент полезного действия;  
КПП – коробка перемены передач;  
МКПП - механическая коробка перемены передач;  
РКПП – роботизированная коробка перемены передач;  
CVT – Continuous Variable Transmission (постоянно изменяемая транс-  
миссия).

## Приложение 2

## ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Автоматизированные коробки передач** – механические коробки передач, в которых управление коробкой передач происходит автоматически с использованием электронного контроля и современных исполнительных устройств [1, 10].

**Автоматизированные коробки передач с двойным сцеплением** – автоматизированные коробки передач, в которых переключение передач при разгоне происходит без разрыва потока мощности благодаря передаче момента одновременно на два сцепления, которые связаны с соответствующими соосными ведущими валами [10].

**Автомобиль** – механическое транспортное средство, используемое обычно для перевозки по дорогам людей или грузов или для буксировки по дорогам транспортных средств, используемых для перевозки людей или грузов. Термин охватывает троллейбусы, т.е. нерельсовые транспортные средства, соединенные с электрическим проводом. Он не охватывает такие транспортные средства, как сельскохозяйственные тракторы, использование которых для перевозки людей или грузов по дорогам или для буксировки по дорогам транспортных средств, используемых для перевозки людей или грузов, является лишь вспомогательной функцией (п. р ст. 1 Конвенции КДД [14]).

**Актuator** – исполнительное устройство системы автоматического управления или регулирования, воздействующее на процесс в соответствии с получаемой командной информацией. Состоит из двух функциональных блоков: исполнительного устройства (если исполнительное устройство механическое, то его часто называют исполнительный механизм) и регулирующего органа, например регулирующего клапана, и может оснащаться дополнительными блоками. В теории автоматического управления под исполнительным устройством понимают устройство, передающее воздействие с управляющего устройства на объект управления [35].

**Вариатор** – механизм для бесступенчатого регулирования передаточного отношения [15].

**Ведущие колёса** – колеса автомобиля, способствующие преобразованию крутящего момента, передаваемого на них через трансмиссию и полуоси в силу тяги, т.е. в силу, вызывающую поступательное движение транспортного средства.

**Гидромеханическая передача (или автоматическая коробка передач с гидротрансформатором)** – коробка передач, состоящая из гидротрансформатора, механической коробки передач, системы управления [10].

**Гидравлическая муфта** (гидромуфта, турбомуфта) – вид гидродинамической передачи в которой в отличие от механической муфты

отсутствует жёсткая кинематическая связь между входным и выходным валом и в отличие от гидротрансформатора отсутствует реактор [22].

**Гидротрансформатор** (турботрансформатор), или **преобразователь крутящего момента** (англ. *torque converter*), – устройство, служащее для передачи и преобразования крутящего момента от двигателя внутреннего сгорания к коробке передач и позволяющее бесступенчато изменять крутящий момент и частоту вращения, передаваемые на ведомые валы [22].

**Движитель** – устройство, преобразующее энергию двигателя либо внешнего источника через взаимодействие со средой в полезную работу по перемещению транспортного средства.

**Дорожные условия** – **1.** Комплекс факторов, формирующих дорожное движение и влияющих на выбор режимов движения транспортных потоков и безопасность дорожного движения [31]. **2.** Совокупность геометрических параметров и транспортно-эксплуатационных качеств дороги, дорожных покрытий, элементов обустройств и обстановки, непосредственно влияющих на условия дорожного движения [8].

Дорожные условия подразделяются на постоянные и переменные (временные и кратковременные) параметры и факторы.

К постоянным отнесены параметры и характеристики дорог, не меняющиеся в процессе эксплуатации или изменяющиеся очень редко (при реконструкции или капитальном ремонте): параметры продольного профиля, радиусы кривых в плане, длина прямых и кривых и др.

К переменным временным, или сезонным отнесены параметры и характеристики дорог, изменяющиеся в результате сезонных колебаний метеорологических условий и качества содержания дороги: ровность и сцепные качества покрытия, фактическая ширина проезжей части и обочин, наличие и состояние съездов и пересечений, инженерного оборудования, видимость в плане и др.

К переменным кратковременным отнесены факторы, влияющие на режим и безопасность движения в течение короткого времени (от нескольких часов до одного месяца): осадки, туман, гололед, ветер, метеорологическая видимость и др.

**Коробка передач** – механизм, в котором ступенчатое изменение передаточного отношения осуществляется при переключении зубчатых передач, размещенных в отдельном корпусе (коробке) [15].

**Коробка перемены передач (коробка передач)** – агрегат, предназначенный для изменения в широком диапазоне крутящего момента и тягового усилия на ведущих колёсах автомобиля и скоростей движения, для обеспечения движения задним ходом, а также для длительного разобщения двигателя от ведущих колёс при работе двигателя на холостом ходу [10].

**Механическое транспортное средство** – любое самоходное дорожное транспортное средство, за исключением велосипедов с подвесным

двигателем, если они не приравнены к мотоциклам, и за исключением рельсовых транспортных средств (п. о ст. 1 Конвенции КДД [14]).

**Момент крутящий** – силовой фактор, вызывающий деформацию кручения. В результате действия крутящего момента в поперечных сечениях элементов конструкции возникают касательные напряжения. Момент крутящий равен моменту силы или паре сил, причем моменты сил или пары сил с обоих концов деформируемого звена одинаковы по величине [15].

**Передаточное отношение** – отношение скорости одного звена механизма к скорости другого звена, если специально не оговорено, то скорости входного звена к скорости выходного звена.

Для зубчатой передачи с внешним зацеплением передаточное отношение численно равно передаточному числу, то есть  $i_{1-2} = -u$ , а  $i_{2-1} = -1/u$ , где 1 – входное звено, 2 – выходное звено,  $u$  – передаточное число [15].

**Передаточное число зубчатой передачи** – отношение числа зубьев большего колеса  $z_2$  к числу зубьев меньшего колеса (шестерни)  $z_1$ , то есть  $u = z_2 / z_1$  [15].

**Передача** – механизм для передачи непрерывного вращательного движения или преобразования его в непрерывное поступательное движение [15].

**Синхронизатор** (от греч. *synchronos* – одновременный) – устройство для безударного и бесшумного переключения с одного режима на другой коробки передач. Действие синхронизатора основано на предварительном уравнивании угловых скоростей соединяемых деталей [15].

**Трансмиссия** (от лат. *transmission* – переход, передача) – устройство для передачи вращения от двигателя к потребителям энергии. Обычно под трансмиссией понимают силовую передачу для параллельного или смешанного соединения нескольких потребителей с одним двигателем [15].

**Трансмиссия автомобиля** – совокупность узлов и механизмов, осуществляющих связь двигателя с движителем.

**Тяговый режим передачи** – режим работы передачи, при котором энергия передается от входного звена к выходному [15].

**Фрикционная муфта** (от лат. *frictio* (греч. *frictionis*) – трение) – механизм для соединения двух валов, передающий вращающий момент благодаря силам трения между пластинами или дисками, связанными с этими валами. Фрикционная муфта позволяет осуществлять плавное сцепление вращающихся валов, уменьшает динамические нагрузки при пуске, предохраняет привод от перегрузок. Фрикционную муфту выполняют с фрикционными элементами в виде дисков, конусов (см. синхронизатор), цилиндрических колодок. Фрикционную муфту с элементами в виде конусов называют конусной муфтой, с элементами в виде дисков – дисковой муфтой. Дисковую муфту с большим числом пар фрикционных элементов и соответственно высокой несущей способностью называют многодисковой муфтой [15].

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	4
1.1. Исторический обзор развития конструкции коробок пере- мены передач легковых автомобилей .....	4
1.2. О разрыве потока мощности, передаваемого на ведущие колёса легкового автомобиля .....	20
1.3. Работа коробки перемены передач и поведение автомобиля при изменении дорожных условий .....	21
1.4. Анализ конструкций коробок перемены передач легковых автомобилей по проблеме разрыва потока мощности. Пре- имущества преселективной коробки перемены передач.....	23
1.5. Формирование исходных данных для проектирования коробки перемены передач легковых автомобилей .....	24
1.6. Проектирование преселективной роботизированной короб- ки перемены передач .....	28
2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ: РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ЗАНЯТИЙ СЕМИНАРСКОГО ТИПА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	38
Библиографический список .....	38
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	42
Приложение 1. Список принятых сокращений .....	42
Приложение 2. Основные термины и определения .....	43